

Universidad Internacional SEK

Ingeniería Mecánica en Diseño y Materiales

Implementación de un mecanismo para adaptar un motor de dos tiempos a una bicicleta en la ciudad de Quito

Roberto Villacres Flores

Nota del autor

Roberto Villacres Flores, Facultad de Arquitectura e Ingeniería,

Universidad Internacional SEK; director Jaime Molina.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo dirigirse a:

[rvillacres.mec@uisek.edu.ec](mailto:rvillacres.mec@uisek.edu.ec)

## Índice

Índice .....	2
Declaración Juramentada.....	5
Lista de Tablas y Figuras.....	6
Tablas .....	6
Figuras .....	7
Resumen .....	9
Abstrac.....	10
Introducción.....	11
Antecedentes.....	11
Justificación.....	12
Objetivos.....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos .....	13
Estado del Arte .....	14
Planteamiento del Problema .....	14
La Bicicleta.....	14
Partes de una bicicleta .....	15
Principales variaciones de las bicicletas.....	15
Principales variaciones de bicicletas .....	15
Tipos de motores empleados en las bicicletas .....	17
Sistema neumático de potencia.....	17
Motores eléctricos para bicicletas.....	17
Motor de dos tiempos .....	18
Funcionamiento del motor de dos tiempos.....	18
Refrigeración y lubricación .....	20
Principales mecanismos para su accionamiento.....	20
Mecanismo piñón cadena .....	20
Mecanismo transmisión por banda.....	21
Trasmisión por Cardan .....	22
Bicicletas con motor disponibles en el mercado .....	23
Bicicleta eléctrica con motor central .....	23

# MECANISMO PARA ADAPTAR UN MOTOR DE DOS TIEMPOS A UNA BICICLETA

3

Bicicleta eléctrica con motor trasero .....	24
Método.....	25
Tipo de estudio .....	25
Proceso de definición de la Bicicleta.....	27
Requerimientos del Usuario .....	27
Desarrollo de la casa de calidad .....	27
Especificaciones de la bicicleta con motor de 2 tiempos .....	29
Diseño Conceptual.....	29
Estructura funcional del marco de la bicicleta.....	30
Diseño de Materialización .....	30
Requerimientos limitadores .....	30
Dimensionamiento del mecanismo de transmisión .....	30
Torque y potencia requerido.....	31
Selección de Motor.....	32
Combustible y lubricante.....	32
Consumo y Autonomía.....	32
Peso del sistema.....	32
Dimensionamiento del sistema de transmisión. ....	33
Transmisión por medio de banda plana:.....	33
Transmisión por medio de bandas en V: .....	35
Transmisión por medio de bandas de sincronización:.....	38
Cardan.....	40
Transmisión por medio de cadena .....	41
Selección de motor .....	41
Selección de pernos .....	42
Selección de materiales .....	44
Análisis de esfuerzos .....	45
Diseño de detalles .....	45
Simulación.....	46
Construcción del prototipo .....	47
Protocolo de pruebas .....	47
Resultados y discusión .....	48
Desarrollo de la casa de calidad .....	48
Resultados de la casa de calidad.....	49

# MECANISMO PARA ADAPTAR UN MOTOR DE DOS TIEMPOS A UNA BICICLETA

4

Principios de solución para el mecanismo de transmisión .....	49
Diseño Conceptual.....	50
Análisis Funcional .....	50
Definición de módulos .....	50
Principios de solución para el módulo mecánico .....	51
Evaluación de las soluciones .....	53
Peso ligero .....	53
Principios de solución para el módulo de control.....	57
Diagrama Morfológico. ....	60
Modelado del concepto de la bicicleta con motor de dos tiempos .....	60
Diseño de materialización .....	61
Requerimientos limitadores.....	61
Dimensiones del módulo mecánico.....	61
Selección de motor de dos tiempos .....	62
Selección de banda sincronizada .....	63
Diseño de poleas dentadas .....	64
Selección de pernos para acople de poleas.....	65
Diseño del acople polea dentada .....	67
Simulación Estática .....	69
Diseño de detalle .....	73
Construcción del prototipo. ....	74
Protocolo de pruebas .....	75
Conclusiones.....	77
Recomendaciones .....	78
Trabajos futuros.....	78
Referencias Bibliográficas.....	79
Anexos .....	83

### **Declaración Juramentada**

Yo, ROBERTO VILLACRES FLORES, con cédula de identidad 172294818-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el diseño de procesos y productos en el Ecuador.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

ROBERTO VILLACRES FLORES

CI: 1722948187

## Lista de Tablas y Figuras

### Tablas

Tabla 1 Principales variaciones de las bicicletas.....	15
Tabla 2 Características Técnicas de la Bicicleta Eléctrica con motor central .....	24
Tabla 3 Características Técnicas de la Bicicleta Eléctrica con motor trasero .....	24
Tabla 4 Vos del Usuario .....	27
Tabla 5 Requerimientos Técnicos .....	28
Tabla 6 Ecuaciones para la transmisión de banda plana .....	33
Tabla 7 Ecuaciones para la transmisión de banda en V .....	35
Tabla 8 Pasos estándares de bandas de sincronización .....	38
Tabla 9 Ecuaciones para la transmisión por banda sincronizada .....	39
Tabla 10. Ecuaciones para selección de motor.....	42
Tabla 11 Ecuaciones para selección de perno. ....	43
Tabla 12 Especificaciones Técnicas .....	49
Tabla 13 Alternativas para el módulo Mecánico.....	51
Tabla 14 Evaluación de la importancia de cada criterio.....	54
Tabla 15 Evaluación de la importancia del criterio “Peso Ligero” .....	55
Tabla 16 Evaluación de la importancia del criterio “Manufactura Rápida” .....	55
Tabla 17 Evaluación de la importancia del criterio “Precio” .....	55
Tabla 18 Evaluación de la importancia del criterio “Eficiencia” .....	55
Tabla 19 Evaluación de la importancia del criterio “Seguridad” .....	56
Tabla 20 Evaluación de conclusiones médiateme el método ordinal de criterios ponderados.....	56
Tabla 21 Alternativas para el módulo de control .....	57
Tabla 22 Evaluación de la importancia de cada criterio.....	58
Tabla 23 Evaluación de la importancia del criterio “Compacto” .....	58
Tabla 24 Evaluación de la importancia del criterio “Eficiencia” .....	58
Tabla 25 Evaluación de la importancia del criterio “Fiabilidad” .....	59
Tabla 26 Evaluación de la importancia “Fácil de usar” .....	59
Tabla 27 Evaluación de conclusiones del método ordinario de criterios ponderados....	59
Tabla 28 Soluciones seleccionadas para la implementación del motor de 2 tiempos ....	60

# MECANISMO PARA ADAPTAR UN MOTOR DE DOS TIEMPOS A UNA BICICLETA

7

Tabla 29 Cálculo para la selección de poleas .....	64
Tabla 30 Cálculo para el factor de carga .....	65
Tabla 31 Cálculo para factor de seguridad .....	68
Tabla 32 Construcción del Prototipo .....	74
Tabla 33 Resultados obtenidos .....	76

## Figuras

Figura 1. Partes de la bicicleta.....	15
Figura 2. Variación de bicicleta con motor. ....	15
Figura 3. Bicicleta pagable. ....	16
Figura 4. Bicicleta pagable. ....	16
Figura 5. Motor Neumático de Paletas. ....	17
Figura 6. Modelo de motores eléctricos para bicicleta. ....	18
Figura 7. Fases del primer tiempo. ....	19
Figura 8. Fase del segundo tiempo. ....	19
Figura 9. Refrigeración por aire. ....	20
Figura 10. Trasmisión por cadena. ....	21
Figura 11. Trasmisión de banda plana.....	21
Figura 12. Trasmisión por banda en V. ....	22
Figura 13. Trasmisión por banda sincronizada.....	22
Figura 14. Trasmisión por Cardan.....	23
Figura 15. Bicicleta eléctrica con motor central.....	23
Figura 16. Bicicleta eléctrica con motor trasero.....	24
Figura 17. Flujograma de proceso a efectuar centrados en el diseño concurrente. ....	26
Figura 18. Esquema de condiciones de operación.....	29
Figura 19. Esquema de dimensionamiento del mecanismo de trasmisión. ....	31
Figura 20. Trasmisión de banda plana.....	33
Figura 21. Trasmisión por banda en V. ....	35
Figura 22. Trasmisión por banda sincronizada.....	38
Figura 23. Longitudes para determinar la rigidez.....	42
Figura 24. Malla del elemento.....	46
Figura 25. Casa de la calidad.....	48

Figura 26. Análisis del diagrama funcional.....	50
Figura 27. Definición de módulos. ....	51
Figura 28. Alternativa 1.....	52
Figura 29. Alternativa 2.....	53
Figura 30. Alternativa 3. ....	53
Figura 31. Alternativa para el módulo mecánico. ....	57
Figura 32. Concepto de bicicleta con motor de dos tiempos.....	61
Figura 33. Características técnicas de motor seleccionado. ....	63
Figura 34. Catálogo del fabricante banda sincronizada.....	64
Figura 35. Fuerzas cortantes en el perno. ....	65
Figura 36. Longitud de agarre. ....	66
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre acople. ....	68
Figura 38. Acople incorporado llanta posterior.....	68
Figura 39. Fuerzas ejercidas sobre el marco de la bicicleta. ....	70
Figura 40. Resultados de la simulación estática.....	71
Figura 41. Desplazamiento principal.....	72
Figura 42. Factor de seguridad. ....	72
Figura 43. Esfuerzo principal. ....	73
Figura 44. Ensamble de polea dentada .....	74
Figura 45. Ensamble de banda.....	74
Figura 46. Ensamble de polea dentada .....	74
Figura 47. Ensamble mecanismo.....	75
Figura 48. Protatipo finalizado. ....	75
Figura 49. Funcionamiento de la bicicleta con motor de dos tiempos. ....	76

### **Resumen**

El presente estudio tiene el objetivo de implementar un mecanismo para adaptar un motor de dos tiempos a una bicicleta. El trabajo realizado se enfocó en seguir la metodología de diseño concurrente enfocado en el usuario.

El proceso de implementación del motor de dos tipos y el mecanismo de transmisión se da a partir de los deseos del usuario ya que estos se transformaron en especificaciones técnicas gracias a la herramienta llamada casa de la calidad. Se planteo un proceso en el cual se da ha conocer el módulo mecánico y de control los cuales se integran para obtener el vehículo deseado. Posterior mente se llevó acabo el diseño de materialización el cual define los módulos mencionados donde se obtuvo el dimensionamiento de los componentes mecánicos que lo integran.

Finalmente se realizó el ensamble del motor de dos tiempos en la bicicleta con su respectivo sistema de trasmisión y se efectúa el protocolo de pruebas verificando la existencia de posibles fallas y obteniendo datos del comportamiento la bicicleta con motor de dos tiempos.

### **Abstrac**

The main object of this research is how to implement a mechanism to adapt a two-stroke engine on bicycles. The work emphasizes in the methodology of concurrent design to satisfice the user.

The process to incorporate the two-stroke engine and the transmission mechanism is given based on the user's wishes. Then this wishes transform to technic specifications thanks to the help of quality house tool. A procedure was proposed, which shows the control and mechanical module. They are integrated in order to have the desired vehicle. After that, the materialization design was gotten. This one defines the modules that was mentioned at the beginning. The sizing of mechanical components was obtained as a result.

Finally, the two-stroke engine was assembled on the bicycle with the system, the it fallows the test protocol which one will show any error or mechanical failure and how the bicycle works with two-stroke engine.

## Introducción

### Antecedentes

La bicicleta es una máquina que permite el transporte de persona siendo más efectivo que caminar y necesita solo la transmisión de fuerza mediante el pedaleo.

Esta opción de transporte con el tiempo ha evolucionado progresivamente gracias a la implementación de componentes mecánicos, las primeras bicicletas fueron creadas en el siglo XIX no contaban con un accionamiento por cadena y fueron llamadas velocípedos los cuales eran fabricados de madera. A medida que la tecnología ha avanzado en el año de 1.860 se desarrollan nuevos diseños con tubos de acero y ruedas con radios que se convirtieron en un diseño estándar para su fabricación (Melissa Bopp, Dangaia Sims, 2017).

La bicicleta se introduce al Ecuador en el siglo XX como una alternativa viable al problema que se da por el caos vehicular en las principales ciudades del país, producido por el aumento del sistema de transporte público y privado brindando una alternativa para lograr una movilidad sostenible. En un principio la bicicleta se relacionó con un medio para la entrega de correspondencia, sin embargo, por el evidente crecimiento del parque automotor la bicicleta se convierte en un medio de conducción viable que cumple un rol estratégico en el desplazamiento de muchos usuarios (Pinto Alvaro, Fuentes, & Alcivar, 2015).

La creación de la bicicleta con motor se remonta a finales del siglo XIX, donde se implementaba un motor de vapor que fue un complemento al momento de pedalear. No fue hasta 1.890 que la bicicleta con motor se consideró un vehículo práctico que ayudo a la mejora de la fluidez del tránsito en ciudades con mucha aglomeración de vehículos (K. Mohammed, M. Mohd, M. Mohammed, S. Ansari, 2019).

En cuanto al motor de dos tiempos es una máquina térmica que convierte el calor de la combustión del hidrocarburo en trabajo necesario para producir torque y potencia, tiene la característica de reducir las cuatro fases del ciclo en dos únicas carreras, funciona con gasolina y su encendido por chispa este motor se caracteriza por lograr la admisión, compasión, explosión y el escape en solo dos carreras del embolo, los primeros prototipos se construyeron en 1.860. La fabricación del primer motor de dos tiempos

práctico en la industria fue fabricado en 1.908 por Yorkshireman Alfred Angs Scott, estos motores se utilizaron en muchas aplicaciones para maquinarias livianas como sierras de cadena, motocicletas, etc.(Payri & Desantes, 2011).

### **Justificación**

Este estudio se realiza debido a que existe la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad de la población, de acuerdo con el informe de la Secretaria de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, el aumento del parque automotor dentro de la urbe tiene un incremento anual de 35.000 vehículos. Ante esta realidad sobre las condiciones de circulación dentro de la ciudad se va implementar un motor de dos tiempos en una bicicleta para mitigar la congestión vehicular (Movilidad, 2014).

En la actualidad, la innovación y desarrollo en el transporte ha avanzado progresivamente, este crecimiento ha provocado inconvenientes como la contaminación auditiva, ambiental y el tráfico. Uno de los principales inconvenientes de las grandes ciudades de nuestro país como lo es Quito es el uso excesivo del vehículo particular y la topografía de la urbe por esta razón se da a conocer el desarrollo de nuevos medios para poder transitar (Rodríguez, 2019).

Con lo antes mencionado sobre las condiciones y el diagnóstico de circulación realizado por la Secretaria de Movilidad y Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) se puede aportar nuevos diseños de bicicletas con motor de 2 tiempos, con lo cual se pretende implementar un mecanismo para adaptar un motor de dos tiempos, con esto se da una opción ante el gran aumento de la carga vehicular en Quito, ya que al ser empleado por varios usuarios disminuiría la cantidad de automotores en las calles y el tiempo de traslado a su lugar de destino sin sentir agotamiento físico brindando un apoyo al pedalear.

La ventaja de implementar motor de combustión interna en una bicicleta es su costo de adquisición que es menor al referenciado por una bicicleta eléctrica o una moto. Por otro lado, Quito tiene una geografía irregular y esta una altura de 2.850 metros sobre el nivel del mar, con lo cual causa que las baterías de Ion Litio tengan un impacto en la pérdida de rendimiento y eficiencia. Esto es consecuencia del efecto de altura, la que conlleva a que la densidad de un fluido y la presión de atmosférica disminuya con lo

cual existe una reducción de potencia para sistemas eléctricos (Cortes, Mallico, Calderon, 2016).

La nueva realidad que vivimos diariamente por consecuencia de la pandemia mundial es distanciamiento social donde una buena alternativa de movilidad es la bicicleta con un motor de dos tiempos ya el transporte público acoge a muchas personas con peligro de propagar el virus que afecta a toda la ciudad.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Implementar un motor de dos tiempos a una bicicleta que circula en el Distrito Metropolitano de Quito

#### **Objetivos Específicos**

- Desarrollar un estudio del arte para identificar las variables de diseño que intervendrán en el marco de la bicicleta y en la implementación del motor de 2 tiempos.
- Determinar las condiciones reales de operación del motor y el mecanismo de transmisión de potencia.
- Realizar cálculos para determinar componentes idóneos que van hacer implementados en el sistema.
- Diseñar un prototipo virtual de la bicicleta con su mecanismo propuesto mediante un modelo 3D usando la plataforma de Inventor.
- Simular las cargas reales que va a soportar la estructura del marco la bicicleta para un análisis de los resultados obtenidos.
- Seleccionar materiales y componentes mecánicos idóneos disponibles en el mercado para su manufactura.
- Construir el mecanismo que transmite torque y potencia des el motor de 2 tiempos hacia el tren posterior de transmisión de la bicicleta.
- Validar la construcción del mecanismo realizando pruebas de ruta.

## **Estado del Arte**

### **Planteamiento del Problema**

En la actualidad la problemática social sobre la movilidad sostenible se ve reflejado en los impactos sociales que da lugar a otros efectos negativos como lo es el impacto económico y ambiental. La sociedad en la actualidad da uso excesivo del vehículo particular lo que conlleva a generar accidentes, contaminación así como caos vehicular (Silvente Ortega, 2006). Se espera para este año 2020 Quito tenga transitando en sus vías 700.000 vehículos lo que tendría una consecuencia en la capacidad vial disponible dentro de la ciudad. Esto causaría un proceso de saturación, con lo cual la ciudad no es capaz de atender al crecimiento exponencial en el tema de tránsito. La medida del hoy no circula no ha sido suficiente para resolver el problema (Movilidad, 2014).

Por otro lado, un informe emitido por la Secretaria de Medio Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito dio a conocer varios parámetros de valores contaminantes en el aire de la ciudad durante el año 2016, ya que el incremento del parque automotor cada día avanza (Valeria Díaz, 2017).

Ante esta realidad de las condiciones tanto del tráfico como la contaminación dentro de la ciudad se va a implementar un mecanismo para adaptar un motor de dos tiempos a una bicicleta para la ciudad de Quito, con el fin de mejorar la movilidad y fluidez de tránsito con el objetivo de convertirse en un medio de transporte para la mejora el flujo vehicular en la ciudad.

Por otra parte debido a la pandemia que existe hoy en día el transporte público representa un peligro de contagio en la ciudad de Quito ya que sirve a miles de personas diariamente para movilizarse dentro de la ciudad. Una buena alternativa de transporte sostenible es el uso de la bicicleta con un motor de dos tiempos ya que se evita las aglomeraciones y también siendo una forma efectiva al momento de transitar en calles empedradas.

### **La Bicicleta**

La bicicleta es un medio de transporte el cual cumple con los principios de la segunda ley de Newton como lo es la aceleración y el desplazamiento. Este vehículo transmite la fuerza muscular del ciclista hacia el mecanismo de transmisión generando movimiento y equilibrio al conducir. La utilización de este tipo de vehículos representa una gran alternativa a la congestión y mejoramiento en la condición física del usuario.

### Partes de una bicicleta

La bicicleta es un vehículo cuyos elementos han evolucionado con el tiempo, incorporando nuevos sistemas o componentes mecánicos los cuales son ruedas, sistema de transmisión, tren delantero y estructura del marco de la bicicleta consiguiendo un mejor desempeño y diseño aerodinámico. La figura 1 detalla la función que cumple cada una de las partes de la bicicleta.



Figura 1. Partes de la bicicleta Tomado de: Fuente Propia.

### Principales variaciones de las bicicletas

En la actualidad muchas bicicletas como medio de transporte han ido evolucionando en base a mejorar su diseño o implementar componentes mecánicos y eléctricos en su estructura. Las diferentes variaciones existentes de bicicletas se centran tanto en su factibilidad como desempeño en diferentes tipos de terreno como se muestra en la tabla 1. El uso de este transporte ha ayudado a la trasportación y fluidez del ser humano.

Tabla 1  
*Principales variaciones de las bicicletas*

Principales variaciones de bicicletas	Modelos
<b>Bicicletas con motores</b> El funcionamiento principal en este medio de transporte es la implementación de un sistema de locomoción que se muestra en la figura 2. Como lo describe (K. Mohammed, M. Mohd, M. Mohammed, S. Ansari, 2019) la bicicleta motorizada a empleado diversos tipos motores y sistemas con el fin de brindar	

Figura 2. Variación de bicicleta con motor.

desplazamiento ya que es una mejor opción frente a la congestión vehicular. El objetivo de este vehículo es ayudar al pedaleo brindando un impulso al ciclista con lo cual también representa una alternativa viable al problema que se da por el caos vehicular.

Tomado de: (Ortiz, 2018).

### **Bicicleta plegable.**

La necesidad para optimizar el espacio en cuanto al aparcamiento de la bicicleta convencional da lugar al diseño de un vehículo pagable de esta forma se reduce el volumen que ocupa en un espacio determinado.

Para manufactura este tipo de bicicleta se empleó una metodología de 4 fases que es la información, formalización, conformación y validación. Los detalles técnicos de estas bicicletas difieren de los diseños de las bicicletas convencionales. Las dimensiones importantes de estas bicicletas se suelen captar en el momento que se encuentran plegadas que son alrededor de 630mm \*780mm\*340mm brindando una opción de disminución de espacio para su almacenamiento. (Enrique Miñarro, 2011)



Figura 3. Bicicleta pagable.  
Tomado de:(Enrique Miñarro, 2011).

### **Bicicleta con rediseño de su cuadro.**

La introducción de nuevos diseños centrados en el usuario lleva a recientes investigaciones para cambiar y rediseñar los marcos de bicicleta e integrar mecanismos innovadores con sistemas de conexiones múltiples por medio de la construcción de articulaciones y grados de libertad en la estructura del marco de bicicleta como lo es el diseño propuesto de Toyota llamado i-unit que fue diseñado en el 2004 como se lo muestra en la figura 4 proporcionando un



Figura 4. Bicicleta pagable.  
Tomado de : (Huang & Huang, 2018).

ambiente cómodo y distribuye mejor la carga de cuerpo.(Huang & Huang, 2018).

---

Tabla 1. Principales variaciones de las bicicletas. Autoría Propia

### **Tipos de motores empleados en las bicicletas**

Los diferentes tipos de motores tienen el objetivo de transformar la energía ya sea esta eléctrica, hidráulica o térmica en energía mecánica. Los cuales se pueden clasificar por su utilidad y funcionamiento. Estos se describen a continuación:

#### **Sistema neumático de potencia**

El aire comprimido es una de las formas de energía más utilizadas en la industria por su fácil captación y abundancia en la tierra. Actualmente su principal uso se da dentro de procesos de automatización de maquinarias que no solicitan mucha cantidad de fuerza ya que requieren una velocidad de trabajo. En 1925 el Estadounidense Louis C. Kiser alcanzó a convertir un motor de gasolina en un sistema de aire comprimido, sustituyó todo el sistema de alimentación de gasolina y sistema de refrigeración por una culata especial y un tanque de aire comprimido (RUSSELL, 2016)

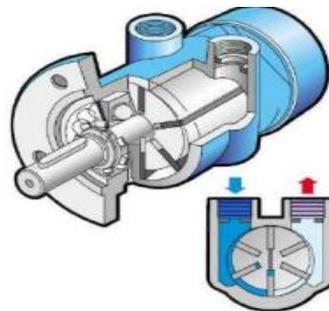


Figura 5. Motor Neumático de Paletas. Tomado de: (Asesor, 2019).

En la figura 5 se aprecia el funcionamiento de un motor neumático, el cual tiene su objetivo de transformar la energía potencial entregada por el aire comprimido en energía mecánica ya que existe una diferencia de presión del aire comprimido al entrar al sistema como el aire que sale. Lo que causa el desplazamiento de diferentes elementos integrados a un sistema neumático (Solé, 2011).

#### **Motores eléctricos para bicicletas**

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica debido al fenómeno físico producido por los campos magnéticos generados en

las bobinas. Los motores eléctricos centrales habitualmente son usados en bicicletas eléctricas ya que ayuda a mejorar el centro de gravedad ocasionado por el peso del motor y la batería. La potencia que brinda el motor se distribuye al tren posterior de la bicicleta como una alternativa de ayuda al pedaleo. La figura 6 nos muestra el diagrama de control que requiere un motor eléctrico para su funcionamiento (Juan F. Hoyos, Andrés F. Montoya, Andrés E. Diez, 2013).

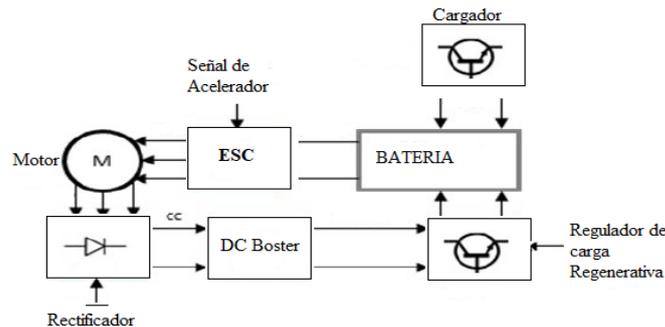


Figura 6. Modelo de motores eléctricos para bicicleta. Tomado de : (BioBike, 2019).

### Motor de dos tiempos

El motor de combustión interna tiene un siglo de existencia y fue diseñado por el francés Etienne Lenoir en 1.863. La construcción de los motores térmicos que hoy en día se emplean en diferentes maquinas se da en 1.876 por el alemán Nilolaus Otto gracias al perfeccionamiento de la patente llamada Gasmotor. Como todo motor de combustión interna el movimiento rotatorio del pistón en el interior del cilindro se transforma en movimiento angular, mediante el mecanismo biela-manivela. Con lo cual el cigüeñal gira provocando la transferencia de torque y potencia al mecanismo que lo requiera. (Payri & Desantes, 2011).

### Funcionamiento del motor de dos tiempos

El motor de dos tiempos es una máquina térmica que convierte la combustión de la gasolina en trabajo necesario para producir torque y potencia. Además, este dispositivo tiene la característica de reducir las cuatro fases del ciclo en dos únicas carreras, funciona con gasolina y su encendido por chispa. Posee la ventaja de tener mayor potencia a diferencia de los motores de cuatro tiempos debido a este motivo es ideal su implementación en vehículos de baja cilindrada. Su principio básico se da en dos tiempos del motor, el primer tiempo es cuando el pistón se traslada del punto muerto inferior (PMI) al punto muerto superior (PMS). El pistón al recorrer hacia el PMS produce una

depresión en el cárter dando ingreso de aire combustible como se muestra en la figura 7, no obstante antes que llegue el pistón al PMS se provoca la combustión por medio del encendido provocado por chispa, todo este proceso se da en un media vuelta del cigüeñal (Escudero, 2009).

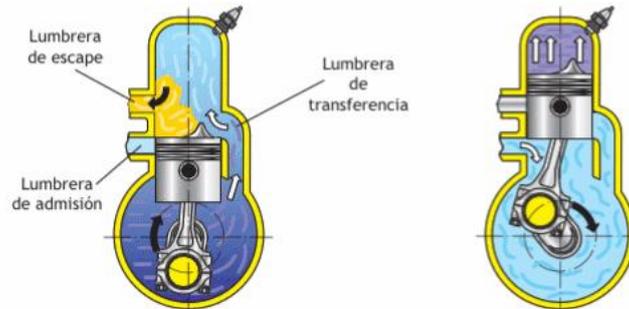


Figura 7. Fases del primer tiempo. Tomado de : (Escudero, 2009).

Durante el segundo tiempo el pistón desciende desde el punto muerto superior al punto muerto inferior a causa de la presión que se da a causa de la combustión como se observa en la figura 8. Al bajar el pistón se encuentra con la lumbrera de escape debido a la alta presión provocada. A su vez provoca que se cree presión en el cárter a consecuencia del cierre de la lumbrera de admisión dando paso a la apertura de la lumbrera de transferencia donde los gases limpios salen ayudando a desalojar los gases provocados por la combustión este proceso se designa como renovación de carga del motor. Al llegar el pistón al PMI el cigüeñal ha dado un ciclo  $180^\circ$  lo que significa que se ha cumplido el segundo ciclo del motor (Escudero, 2009).

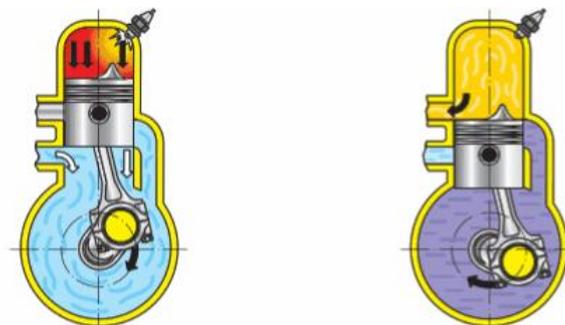


Figura 8. Fase del segundo tiempo. Tomado de:(Escudero, 2009).

### Refrigeración y lubricación

Los motores de baja cilindrada utilizan sistemas de lubricación y refrigeración muy simples con el fin de tener un mejor rendimiento energético.

En la figura 9, podemos comprender que el sistema de refrigeración idóneo para este tipo de motores es por aire, debido a que están expuestos directamente al ambiente con el objetivo de transferir el calor producido por el trabajo del pistón hacia la atmósfera. La transferencia de calor se realiza por el propio movimiento del automotor con lo que conlleva a generar una ráfaga de aire y se canaliza en las aletas de la transferencia de calor del cilindro

El engrase es otro punto muy importante para el buen funcionamiento del motor de dos tiempos, la lubricación se da al añadir el aceite especificado por el fabricante al combustible con lo cual al ingresar al cárter se disperse por las paredes internas y elementos mecánicos que forme parte de la geometría del motor (Escudero, 2009).

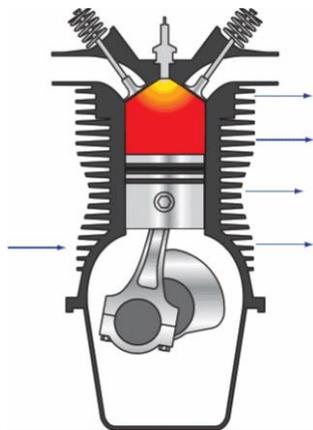


Figura 9. Refrigeración por aire. Tomado de: (Escudero, 2009).

### Principales mecanismos para su accionamiento

Los elementos mecánicos flexibles como bandas se utilizan en sistemas de transmisión y transporte para transmitir fuerza a distancias largas. Estos componentes mecánicos son empleados como sustitución de engranajes, ejes, cadenas con el fin de simplificar el diseño mecánico y disminuir el costo de construcción de una máquina.

### Mecanismo piñón cadena

La figura 10 muestra el ensamble del mecanismo por cadena, el cual transmite fuerza por medio de la incorporación de piñones, cadena de rodillos y una rueda dentada señalada como catalina. En este tipo de mecanismo es importante comprender la función que

cumple cada uno de sus componentes como lo es el piñón de diámetro menor, este se encarga de transmitir la energía necesaria al mecanismo por medio de la cadena, por otro lado, el engranaje conducido de diámetro mayor recibe la energía para generar movimiento. En las transmisiones por cadena es necesario reducir las velocidad y fuerza que provee el motor por medio del mecanismo piñón cadena donde se establece la relación de transmisión y velocidad necesaria entre el motor y la máquina (Norton, 2009).



Figura 10. Trasmisión por cadena. Tomada de:(Esteban Dominguez, 2012)

### Mecanismo transmisión por banda

La transmisión por banda resuelve los problemas obtenidos por el ajuste de fase entre los componentes mecánicos evitando el desplazamiento de los mismos con un costo menor que los mecanismos piñón cadena. La figura 11 muestra una banda plana la cual se emplea para transmitir pares de torsión como potencia por su alta adaptabilidad y durabilidad, se utilizan con frecuencia en la trasferencia de potencia ya que su eficiencia es de 98 % que es constante en su uso (R. Budynas, 2008).

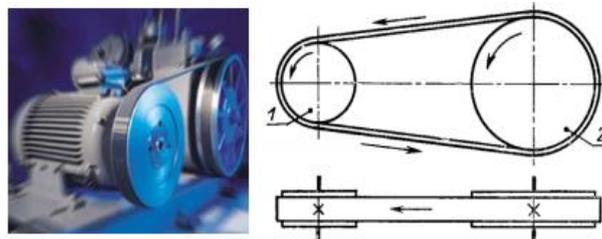


Figura 11. Trasmisión de banda plana. Tomada de: (R. Budynas, 2008).

La banda en V a diferencia de las bandas planas utiliza su geometría trapezoidal lo cual provoca que la banda se acople en la ranura de la polea, figura 12, provocando fricción debido al ángulo menor que esta debe tener para su correcto apriete. Con frecuencia

para un buen funcionamiento tiene que trabajar a velocidades constantes de 4.000 pies/min velocidades menores o mayor a la referida pueden provocar que la banda salga de la polea o provoquen vibraciones excesivas reduciendo la vida útil de la misma (Nibett, 2008).



Figura 12. Trasmisión por banda en V. Tomado de : (Al. Eidelman, L. García, 2013).

Por otro lado, las bandas de sincronización, tal como se aprecia en la figura 13, brindan una opción óptima a la resistencia de carga de tensión. De igual manera este componente está compuesto por una tela ahulada que está propiamente recubierta con una capa de nailon, ya que en su interior existe un alambre de acero. Dicha banda no es deslizante y no requiere de tensión por lo que transmite potencia en función de la velocidad y pares de torsión provenientes del motor a razón de lo mencionado brinda una eficiencia en el intervalo de 97 a 99 por ciento sin que existan vibraciones. El método de transmisión empleado por banda es ideal para motores de baja cilindrada permitiendo una transferencia óptima de la potencia que brinda el motor (R. Budynas, 2008).



Figura 13. Trasmisión por banda sincronizada. Tomado de: (Martínez, 2018).

### **Trasmisión por Cardan**

La transmisión por un eje longitudinal llamado carda conduce la potencia generada por el motor hacia un tren de transmisión de fuerza. Por medio del engranaje cónico del eje

trasero, trasfiere el momento de giro hacia la corona la cual va a proveer de movimiento hacia la llanta posterior del vehículo. La complejidad del sistema y el peso es un punto importante en este mecanismo ya que la deficiencia de potencia se ve reflejada en su rendimiento al conducir. Como se puede apreciar en la figura 14, muestra el diseño de un cardan de transmisión conformado por un brazo basculante que brinda soporte anclado al bastidor (Martínez, 2018).

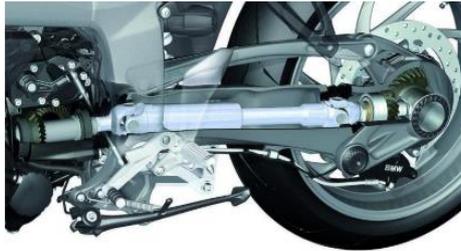


Figura 14. Trasmisión por Cardan. Tomado de: (Martínez, 2018).

### **Bicicletas con motor disponibles en el mercado**

Dentro de la ciudad de Quito se ensamblan diferentes modelos de bicicletas motorizadas las cuales son ofertadas por diferentes empresas como Electrobike. Esto conlleva a tener una idea de la disponibilidad en este sector de la industria.

### **Bicicleta eléctrica con motor central**

La bicicleta eléctrica (figura 15) es un medio de traslado y herramienta de movilidad basada en una bicicleta convencional a la que se implementa un motor eléctrico central para proporcionar apoyo al momento del pedaleo. Una bicicleta eléctrica necesita de 6-8 horas para cargar su batería con lo cual provee un desplazamiento dentro de la ciudad de 35 km para su funcionamiento, en la tabla 1 se indica las características técnicas de la bicicleta eléctrica (Salmeron-Manzano & Manzano-Agugliaro, 2018).



Figura 15. Bicicleta eléctrica con motor central. Tomado de: (ElectroBike, 2019a).

Tabla 2

Características Técnicas de la Bicicleta Eléctrica con motor central

<b>Empresa</b>	ElectroBike	
<b>Modelo</b>	Dash	
<b>Motor</b>	350	W
<b>Peso</b>	21	Kg
<b>Rodada</b>	24	In
<b>Tipo de Batería</b>	Ion-litio	
<b>Tiempo de Carga (a 110V)</b>	4	hrs
<b>Autonomía</b>	45-60	Km
<b>Velocidad Máxima</b>	30	km/h

Tabla 2. Características Técnicas. Tomado de (ElectroBike, 2019).

### Bicicleta eléctrica con motor trasero

Es una bicicleta que posee un motor eléctrico el cual está incorporado en el buje de la rueda. Además, la fuerza que se trasmite al tren posterior de la bicicleta por consecuencia del pedaleo posibilita obtener mayor eficiencia al momento de requerir potencia. La tabla 2 permite tener las características técnicas de este vehículo (Banerjee, Goswami, Das, & Sarkar, 2018).



Figura 16. Bicicleta eléctrica con motor trasero. Tomado de: (Banerjee et al., 2018).

Tabla 3

Características Técnicas de la Bicicleta Eléctrica con motor trasero

<b>Empresa</b>	ElectroBike	
<b>Modelo</b>	Magnos	
<b>Motor</b>	350	W
<b>Peso</b>	23	Kg
<b>Tipo de Batería</b>	Ion-litio	

<b>Tiempo de Carga</b>	4	Hrs
<b>Autonomía</b>	30-40	Km
<b>Velocidad Máxima</b>	30	km/h
<b>Controlador</b>	Digital	

Tabla 4. Características Técnicas. Tomado de (Banerjee et al., 2018).

## Método

### Tipo de estudio

En el presente estudio se realizó una investigación centrado en el usuario enfocado en el diseño concurrente para el entorno, ya que se considera planteamientos con respecto a limitaciones energéticas y recursos naturales. Existen requerimientos los cuales incluyen principios fundamentales como lo son la ergonomía, seguridad y la accesibilidad.

Al hablar del diseño centrado en el usuario que se realiza en el presente estudio se denota el uso de la ingeniería concurrente orientada al producto para lo cual corresponde a las necesidades requeridas por el usuario. Por otro lado, la ingeniería concurrente orientada al entorno se enfoca en la seguridad que brinda al usuario, emisiones contaminantes y factibilidad, mecanismo de transmisión entre la bicicleta y el motor

La implementación de un motor de dos tiempos a una bicicleta propuesto en este estudio está enfocada en cumplir condiciones que implican la ergonomía, innovación y factibilidad. Ya que con esto se desea fomentar el uso de vehículo como una alternativa viable para poder recorrer de un punto a otro.

Para comprender de mejor manera la metodología a seguir se muestra en la figura 17 el flujograma del proceso a efectuar el cual se enfoca en el diseño concurrente. El consta de 5 etapas las cuales son: definición de la bicicleta motorizada, diseño conceptual, diseño de materialización, diseño de detalle y ensamblaje del mecanismo implementado en una bicicleta con un motor de dos tiempos.

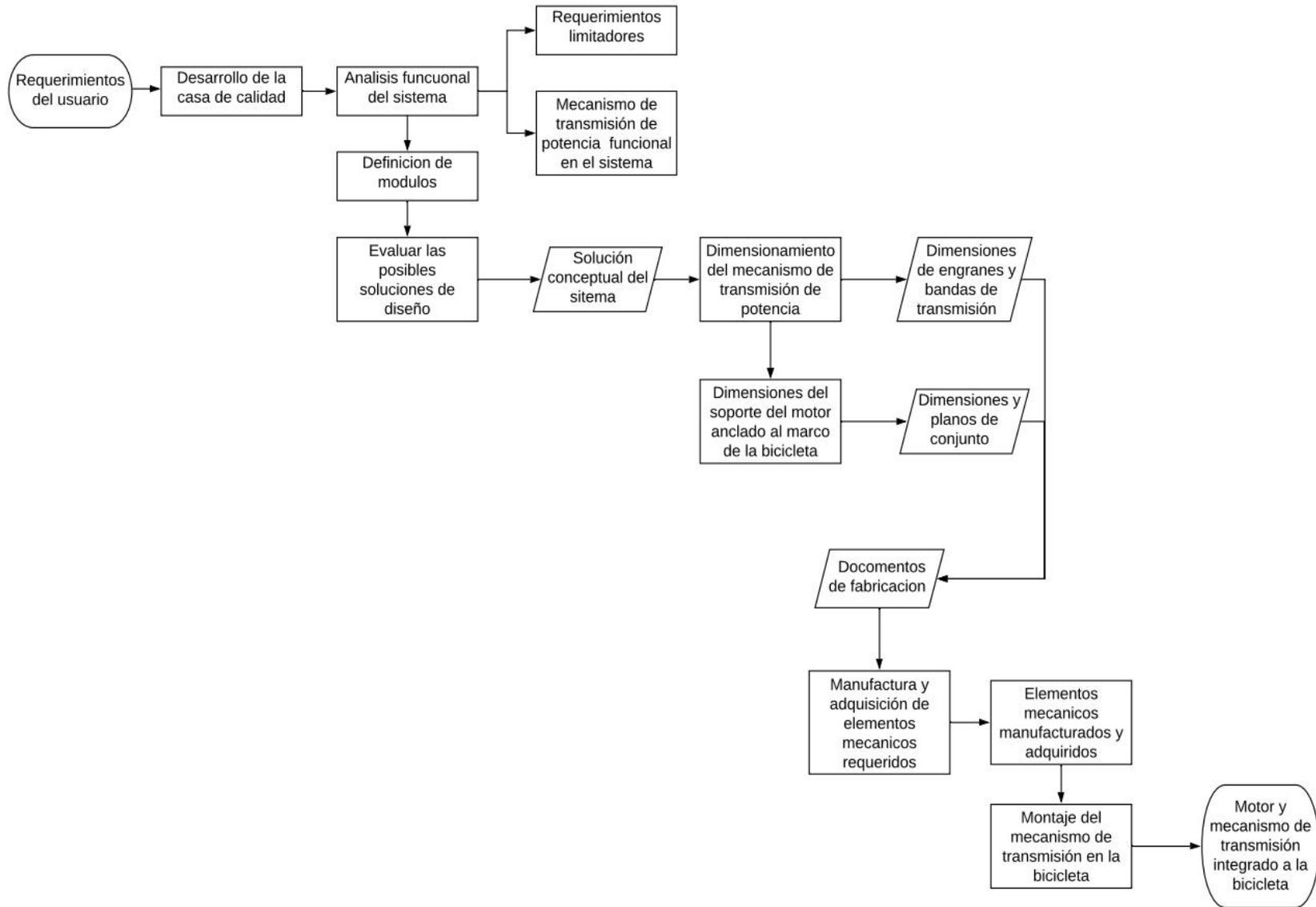


Figura 17. Flujograma de proceso a efectuar centrados en el diseño concurrente. Tomado de: Fuente propia.

### **Proceso de definición de la Bicicleta**

El objetivo de esta etapa es definir las características de los componentes mecánicos que conforman la bicicleta con motor de dos tiempos como los son: sistema de transmisión, sistema de la estructura y sistema de control y encendido. Dentro de esta etapa el instrumento necesario que permite recolectar los deseos del usuario es la casa de la calidad ya que consigue atender los requerimientos para la conceptualización del producto ha manufacturarse.

### **Requerimientos del Usuario**

En esta sección se considera satisfacer las demandas del usuario ya que integran un elemento conductor para el proceso de diseño. Los deseos y requerimientos que se desean para la bicicleta muestran en la tabla 4.

Con relación a las demandas que el usuario propone en el nuevo producto (Riba, 2002) detalla que las demandas pueden ser: demandas básicas, unidimensionales y estimulantes. Las demandas básicas son generadas por el usuario ya que se consideran evidentes, al no cumplirse estas demandas el usuario presenta insatisfacción por el producto. Las demandas unidimensionales proporcionan satisfacción al usuario ante el producto. Por otro lado, las demandas estimulantes complacen al usuario ya que caracteriza al producto de otros.

Tabla 4  
*Vos del Usuario*

---

<b>Requerimientos para la implementación de un motor de dos tiempos en una bicicleta</b>
Que mejore la movilidad
Que consuma menor energía
Que sea el sistema sea fácil de encender
Que sea capaz de transitar por tiempo prolongado
Que tenga un bajo costo

---

Tabla 4. Requerimientos del usuario. Autoría Propia.

### **Desarrollo de la casa de calidad**

La casa de la calidad e el presente estudio se muestra como un matriz la cual refleja los requerimientos del usuario y los convierte en requerimientos técnicos del producto para

su posterior manufactura como se muestra en la tabla 5. Esta matriz sigue 6 pasos los cuales son:

- **Voz del usuario**

Específica y señala las demandas del usuario para obtener un producto acorde a las necesidades que este tenga.

- **Análisis de Competitividad**

Detalla el nivel de satisfacción que proporciona el diseño propuesto con relación a productos fabricados por la competencia.

- **Voz del ingeniero**

Especifica los requerimientos técnicos del producto que serán implementados para cubrir las exigencias del usuario.

Tabla 5  
*Requerimientos Técnicos*

Características Técnicas	Unidades
Velocidad promedio	Km/h
Menor consumo de energía	l/km
Fácil encendido	-
Tiempo de traslado	Seg
Costo de vida útil	\$

Tabla 5. Requerimientos Técnicos. Autoría Propia.

- **Correlaciones**

Fija la relación que se crea entre la voz del usuario y la voz del ingeniero con lo cual se establece puntos de partida para la fabricación del producto.

- **Comparación técnica**

Compara el diseño con los de las competencias existentes en el mercado ya que se puede obtener información para mejorar su utilidad

- **Compromisos técnicos**

Detalla los distintos requerimientos técnicos del producto en base a la mejora en el su diseño.

**Especificaciones de la bicicleta con motor de 2 tiempos**

Las especificaciones del soporte del motor anclado al marco de la bicicleta y el sistema de transmisión son el conjunto de detalles técnicos obtenidos de la matriz llamada casa de la calidad.

**Diseño Conceptual**

En esta etapa del estudio se plantea los requerimientos y detalles que serán parte fundamental en la implementación del motor de 2 tiempos en la bicicleta, dando lugar a distintas soluciones del sistema las cuales serán evaluadas y permitan elegir la que más se acople a los requerimientos del usuario (Riba, 2002).

Las características sobre la eficiencia en el mecanismo de trasmisión de potencia y el diseño estructurar del acople del motor al marco de la bicicleta mostrada en la figura 18, entregan datos que permitan valorar el mecanismo de trasmisión. Para obtener las condiciones de diseño de la bici-moto se toma como base el diseño de una bicicleta a pedal impulsada por usuario para generar movimiento.

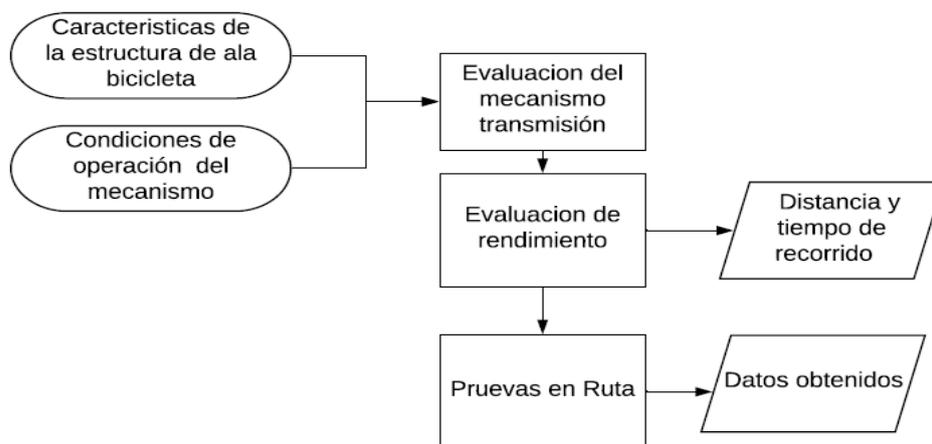


Figura 18. Esquema de condiciones de operación. Tomado de: Fuente propia.

### **Estructura funcional del marco de la bicicleta**

La estructura funcional se basa en soportar y distribuir tanto las cargas vivas y cargas muertas a las que va hacer sometido.

### **Diseño de Materialización**

En esta etapa del estudio se designa el modelo en el cual, se determina las formas y dimensiones de los elementos mecánicos que va a ser implementados en el sistema. Los resultados obtenidos se detallan dimensiones y especificaciones técnicas por medio de planos de conjunto.

### **Requerimientos limitadores**

Las especificaciones técnicas obtenidas en la etapa de definición de la bicicleta dan como resultado los requerimientos limitadores que se debe tener en cuenta en la implementación del motor de dos tiempos en la estructura del marco de la bicicleta.

### **Peso máximo que soporta la estructura del marco de la bicicleta [kg]**

Este aspecto es considerable ya que al ser un medio de transporte debe ser manejable y soportar el peso de los componentes implementados en la estructura del marco, los cuales generarán esfuerzos producidos por los obstáculos que se encuentren en el camino.

### **Autonomía [min]**

Al recorrer una distancia determinada cabe recalcar el consumo y la cantidad de combustible transportado, con esto se determinará la autonomía que tendrá el vehículo antes de su abastecimiento.

### **Cilindrada del motor [cc]**

Al implementar un motor de 80 centímetros cúbicos considerado de baja cilindrada se deberá tomar en cuenta el relieve geográfico de la región, ya que el motor deberá realizar más esfuerzo para generar torque y potencia.

### **Dimensionamiento del mecanismo de trasmisión**

El dimensionamiento del mecanismo de trasmisión es importante en el sistema ya que proporcionar movimiento a la llanta trasera de la bicicleta. Por otro lado, al evaluar el mecanismo permite obtener los requerimientos que definan características de los

componentes del sistema. A partir de la fuerza de empuje requerida, torque y potencia se logra la evaluación de componentes mecánicos idóneos como son: piñón, engranaje, banda sincronizada y acoples.

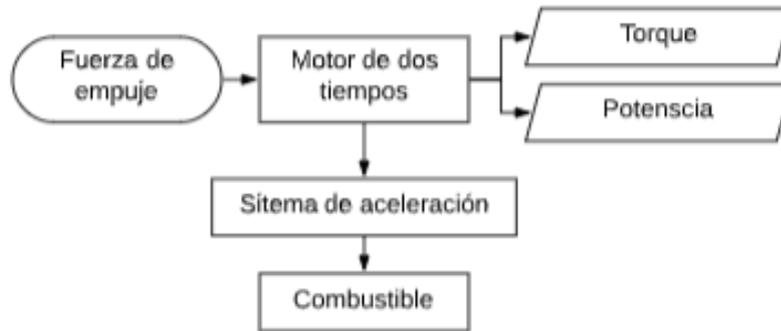


Figura 19. Esquema de dimensionamiento del mecanismo de transmisión. Tomado de: Fuente propia

### Torque y potencia requerido

Para el estudio del torque y potencia requerido por el motor de dos tiempos se determina con la ecuación (1) (Sandoval, 2014). Tomando en cuenta la fuerza necesaria para mover la bicicleta del reposo por lo que la fuerza  $F$  donde  $C\pi$  es el coeficiente de resistencia a la rodadura,  $Nf$  fuerza normal determinada por la masa total y la gravedad.

$$F = C\pi \cdot N \quad (1)$$

Cabe recalcar que la masa total es la suma de las masas de cada componente integrado a la bicicleta y la masa del usuario. Teniendo en cuenta esta fuerza se calcula el torque necesario  $Tn$  en la ecuación (2) donde  $r$  es el radio de la llanta y  $F$  es la fuerza de empuje requerida.

$$Tn = r \cdot F \quad (2)$$

En cuanto a la potencia necesaria se obtiene de la ecuación (3) donde  $F$  se obtiene de la fuerza de empuje y  $Vmax$  es la velocidad máxima.

$$Pvmax = F \cdot Vmax$$

### **Selección de Motor**

La selección del motor de 2 tiempos que será implementado en la bicicleta se da a partir de la búsqueda de varios catálogos de fabricantes. Los criterios requeridos para la implementación del motor fueron la potencia y torque entregado en el eje y consumo de combustible.

En consecuencia, el motor se dimensiona de acuerdo a la capacidad de carga del marco de bicicleta y los parámetros claves anteriormente mencionados para su funcionamiento.

### **Combustible y lubricante**

La selección de combustible y lubricante para un trabajo óptimo se da a partir de las características de motor de combustión interna que se establece por el fabricante.

Por otra parte, la dosificación se aceite combustible se estable por el manual de uso la cual es 98 % combustible y un 2 % de aceite.

### **Consumo y Autonomía**

Para poder determinar el consumo de energía y dosificación necesaria, se realiza la siguiente ecuación (3) donde C es el consumo Km son los kilómetros recorridos y L los litros que llenan el tanque de combustible

$$C = \frac{Km}{L} \quad (3)$$

### **Autonomía**

En tanto la autonomía se traduce en la distancia máxima que recorre la bicicleta con motor de dos tiempos antes de abastecerse de combustible, la autonomía va de la mano con la capacidad de combustible almacenado en el tanque de reserva del vehículo. La ecuación 4 permite calcular la autonomía que tendrá en vehículo donde Km son los kilómetros recorridos y L los litros que llenan el tanque de combustible y A es la autonomía antes de repostar combustible.

$$A = L * Km \quad (4)$$

### **Peso del sistema**

El peso de sistema de transmisión (ecuación 5) se determina por cada uno de sus componentes para esto es necesario la utilización de una balanza con el objetivo de tener el peso total que será soportado por el marco de la bicicleta.

$$m_t = m_1 + m_2 + m_3 \dots \quad (5)$$

$$P = m_t * g * h \quad (6)$$

**Sistema de transmisión:** consta de un motor de dos tiempos, una banda sincronizada, un piñón y un engranaje.

**Fuente de energía:** Se considera el tanque de almacenamiento de combustible, cableado eléctrico, sistema de aceleración.

**Dimensionamiento del sistema de transmisión.**

El dimensionamiento del sistema de transmisión comienza con la selección de materiales los cuales serán implementados determinadamente a cada componente del mecanismo. Con la designación del material correcto a cada uno de los componentes y su correcto dimensionamiento se proporciona los planos de conjunto.

El mecanismo de transmisión se designa a partir de la eficiencia y funcionalidad que este brinde al momento de ser acoplado a la bicicleta. A continuación, se detalla cada uno de las ecuaciones de los diferentes tipos de mecanismos de transmisión.

**Transmisión por medio de banda plana:**

Cuando se emplea transmisión por banda plana mostrada en la figura 13, (R. Budynas, 2008) expresa las siguientes ecuaciones enunciadas en la tabla 6.

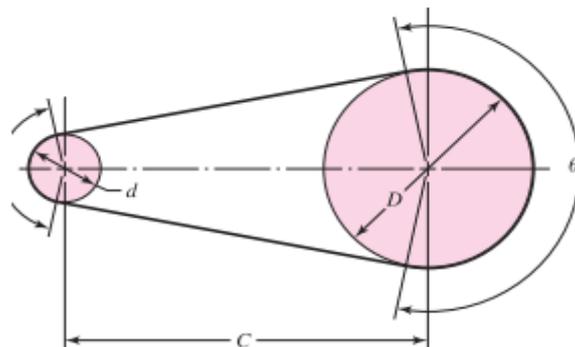


Figura 20. Transmisión de banda plana. Tomado de: (R. Budynas, 2008).

Tabla 6  
*Ecuaciones para la transmisión de banda plana*

	Ecuación	Variables	N.º Ecuación
Ángulo de contacto d	$\theta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C}$	D: Diámetro de la polea mayor	(7)
Ángulo de contacto D	$\theta D = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C}$	d: Diámetro de la polea menor C: es la distancia entre centros $\theta$ : Ángulo de contacto	(8)
Longitud de banda	$L = [4C^2 - (D-d)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(D\theta D + d\theta d)$	L: Longitud de bandas D: Diámetro de la polea mayor d: Diámetro de la polea menor C: Distancia entre centros $D\theta$ : Ángulo de contacto de la polea mayor $d\theta$ : Ángulo de contacto de la polea menor	(9)
Fuerza centrífuga	$FC = \frac{w}{g} \left( \frac{V}{60} \right)^2$	w: peso específico de un pie de banda g: gravedad V: velocidad que gira la polea	(10)
Par de torsión	$T = \frac{63025 \cdot Hnom \cdot Ks \cdot nd}{n}$	$Hnom$ : Potencia nominal $Ks$ : Factor de servicio $nd$ : Factor de seguridad N: revoluciones por minuto.	(11)
Tención necesaria	$[(F1)a - F2] = \frac{2T}{d}$	T es el par de torsión d: diámetro de la polea menor	(12)
Tensión máxima permisible	$(F1)a = dFaCpCv$	d: diámetro de la polea menor Fa: Tensión permisible	(13)

			Cp y Cv: son factores de corrección tanto de la banda como la polea	
			(F1)a: Tensión máxima permisible	
Fuerza guía	$F2 = (F1)a - [(F1)a - F2]$		[(F1)a - F2]: Tensión necesaria para transmitir par de Torsión	( 14)
Tensión inicial	$Fi = \frac{(F1)a + F2}{2} - Fc$		(F1)a: Tensión máxima permisible.	( 15)
Peligro de deslizamiento	$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{(F1)a - Fc}{F2 - Fc}$		(F1)a: Tensión máxima permisible. Fc: Fuerza centrífuga F2: Fuerza guía	( 16)

Tabla 6. Ecuaciones para la transmisión de banda plana. Tomado de (R. Budynas, 2008).

**Trasmisión por medio de bandas en V:**

Cuando se emplea una trasmisión por medio de bandas en V como muestra la figura 14, se toma en cuenta las siguientes ecuaciones como se muestra en la tabla 7.

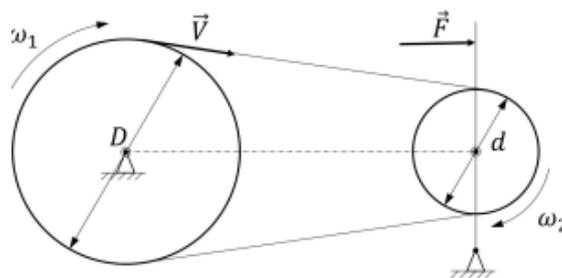


Figura 21. Trasmisión por banda en V. Tomado de: (Hernández-Dávila, Cajamarca-Villa, Cacungo-Eugenio, & López-Pérez, 2018)

Tabla 7  
Ecuaciones para la transmisión de banda en V

	Ecuación	Variables	N.º Ecuación
Longitud de paso	$Lp = 2C + \frac{\pi(D+d)}{2} + (D - d)/4C$	D: Diámetro mayor de la polea	( 17)

		d: Diámetro menor de la polea C: Distancia entre centros	
Distancia entre centros	$C = 0.25 \left\{ \left[ Lp - \frac{\pi}{2(D+d)} \right] + \sqrt{\left[ Lp - \frac{\pi}{2(D+d)} \right]^2 - 2(D-d)^2} \right.$	D: Diámetro mayor de la polea D: Diámetro menor de la polea Lp: Longitud de paso	( 18)
Ángulo de contacto	$\theta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \cdot \frac{D-d}{2C}$	$\theta d$ : Ángulo de contacto D: Diámetro de la polea mayor C: Distancia entre centros	( 19)
Potencia permitida	$Ha = k1 \cdot k2 \cdot Htab$	Ha: Potencia permitida k1: Factor de corrección de cobertura k2: Factor de corrección de longitud de banda	( 20)
Potencia de diseño	$Hd = Hnom \cdot Ks \cdot nd$	Hd: Potencia el diseño Hnom: Potencia nominal Ks: Factor de servicio nd: Factor de diseño	( 21)
Tensión centrífuga	$Fc = Kc \left( \frac{V}{100} \right)^2$	Fc: Tensión centrífuga Kc: Factor de servicio V: Velocidad periférica	( 22)

Potencia que se transmite por la banda	$\Delta F = \frac{63025 Hd/Nb}{n(d/2)}$	<p><math>\Delta F</math>: Potencia que se transmite por la banda  <math>Hd</math>: Potencia de diseño  <math>Nb</math>: Número de bandas  <math>n</math>: Número de revoluciones  <math>d</math>: Diámetro menos de patea</p>	( 23)
Tensión mayor	$F1 = FC + \frac{\Delta F \exp(\theta)}{\exp(\theta) - 1}$		( 24)
Tensión menor	$F2 = F1 - \Delta F$		( 25)
Tensión inicial	$Fi = \frac{F1 + F2}{2} - Fc$		( 26)
Factor de seguridad	$nfs = \frac{Ha Nb}{Hnom Ks}$	<p><math>nfs</math>: Factor de seguridad  <math>Ha</math>: Potencia permitida  <math>Hnom</math>: Potencia nominal  <math>Ks</math>: Factor de servicio</p>	( 27)
Fuerza 1	$Fb1 = \frac{Kb}{d}$	<p><math>Fb1</math>: Fuerza 1  <math>Kb</math>: Selección de la banda  <math>d</math>: Diámetro menor</p>	( 28)
Fuerza 2	$Fb2 = \frac{Kb}{D}$	<p><math>Fb2</math>: Fuerza 2  <math>Kb</math>: Selección de la banda  <math>D</math>: Diámetro mayor</p>	( 29)
Tensión1	$T1 = F1 + Fb1$	<p><math>T1</math>: Tensión 1  <math>Fb1</math>: Fuerza 1</p>	( 30)
Tensión 2	$T2 = F1 + Fb2$	<p><math>T2</math>: Tensión 2  <math>Fb2</math>: Fuerza 2</p>	( 31)

Número de pasadas	$Np = \left[ \left( \frac{k}{T1} \right)^{-b} + \left( \frac{K}{T2} \right)^{-b} \right]^{-1}$	<p>Np: Numero de pasadas                  b: constante equivalente                  T2 y T1: tenciones que existen                  K: parámetros de durabilidad de la banda en V</p> <p>( 32)</p>
Vida útil de la banda	$t = \frac{Np Lp}{720 V}$	<p>t: vida útil de la banda                  Np: número de pasadas                  V: velocidad periférica de la banda en V</p> <p>( 33)</p>

Tabla 7. Ecuaciones para la transmisión de banda en V. Tomado de (R. Budynas, 2008).

**Trasmisión por medio de bandas de sincronización:**

En el estudio de este tipo de bandas el cálculo es distinto ya que posee tantas poleas y bandas dentadas como se muestra en la figura 22. Como especifica (R. Budynas, 2008) las longitudes de paso están disponibles en tamaños de 8 a 180 pulgadas mostradas en la tabla 6. Las poleas se designan en tamaños con diámetros de paso de 0.60 in a 180 in y ranuras disponibles desde 10 hasta 120.

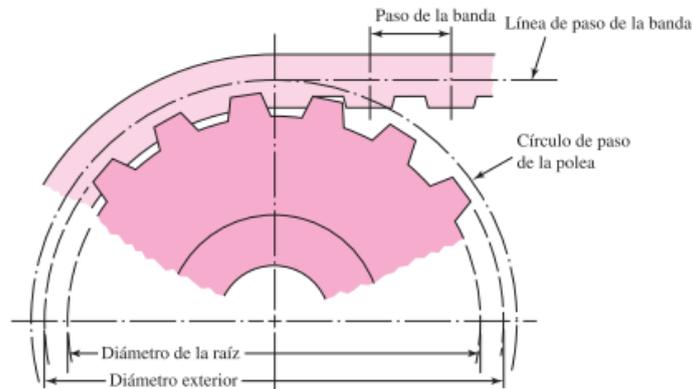


Figura 22. Transmisión por banda sincronizada. Tomado de: (R. Budynas, 2008).

Tabla 8  
*Pasos estándares de bandas de sincronización*

Servicio	Designación	Paso, in
Extra ligero	XL	1/5
Ligero	L	3/8
Pesado	H	1/2
Extrapesado	XH	7/8
Doble extrapesado	XXH	$1\frac{1}{4}$

Tabla 8. Transmisión por banda sincronizada. Tomado de (R. Budynas, 2008).

El cálculo de la polea motriz y polea conducida se muestra en la tabla 9, para esto se toma en cuenta los datos de potencia, torque y velocidad angular del motor (F. Beer, R. Johnston, J. Dewolf, 2007).

Tabla 9

Ecuaciones para la transmisión por banda sincronizada

Ecuación	Variables	N.º Ecuación
Relación de transmisión	$R = \frac{D}{d} = \frac{Z2}{Z1} \geq 1$	( 34)
Torque del piñón conductor	$T_{pl} = \frac{P}{\omega}$	( 35)

R: relación de transmisión.  
 $\omega_1$ : velocidad angular del piñón motor (rpm).  
 $\omega_2$ : velocidad angular de engranaje conducido (rpm).  
D: diámetro del engranaje conducido (mm).  
d: es el diámetro menos del piñón conductor(mm).  
Z2: número de dientes del engranaje conducido.  
Z1: número de dientes de piño  
T<sub>pl</sub>: Torque del piñón conductor  
P: potencia del motor  
 $\omega$  : velocidad angular del piñón

Torque engranaje conducido	$T_{el} = T_{pl} \cdot \frac{Z2}{Z1}$	<p>Tel: Torque engranaje conductor</p> <p>Tpl: Torque del piñón conductor</p> <p>Z2: Número de dientes del engranaje conducido.</p> <p>Z1: Número de dientes del piñón conductor</p>	( 36)
Fuerza piñón conductor	$F = \frac{2 \cdot T_{pl}}{d}$	<p>Tpl: Torque del piñón conductor</p>	( 37)
Velocidad angular piñón conducido	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	<p>f: Frecuencia</p>	( 38)

Tabla 9. Transmisión por banda sincronizada. Tomado de (R. Budynas, 2008).

### Cardan

Como lo expresa (Cascajosa, 2005) es un par de torsión máximo entregado por el motor teniendo en cuenta la tensión máxima cortante  $\tau$  expresada en la ecuación (39) donde M es el par máximo de salida y I es el movimiento de inercia polar como se muestra en la ecuación (40), donde D es el diámetro exterior y d es el diámetro interior.

$$\tau = \frac{M}{\frac{2I}{D}} \quad (39)$$

$$I = \frac{\pi}{32} \cdot (D^3 - d^4) \quad (40)$$

Por otra parte, la velocidad critica como se muestra en la ecuación (41) es un punto que se debe tomar en cuenta ya que causa desequilibrio de masa, donde g es la gravedad, P es el peso, L es la longitud del componente mecánico, E es el módulo de elasticidad del material e I es el momento de inercia respecto al eje transversal.

$$V_c = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{\frac{PL^3}{48EI}}} \quad (41)$$

### Transmisión por medio de cadena

Las transmisiones por cadena establecen una velocidad  $V$  como se muestra en la ecuación (42) que sale de la Catarina esta dicha velocidad está determinada por  $N$  número de dientes de la Catarina,  $p$  paso de la cadena y  $n$  velocidad de la Catarina (R. Budynas, 2008).

$$V = \frac{Np \cdot n}{12} \quad (42)$$

La velocidad máxima de salida  $V_{max}$  se determina en la ecuación (43) donde  $n$  es la velocidad de la Catarina,  $p$  es el paso de la cadena y  $\gamma$  es el ángulo de paso.

$$V_{max} = \frac{\pi \cdot np}{12 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \quad (43)$$

La velocidad mínima de salida  $V_{min}$  se determina en la ecuación (44) donde  $n$  es la velocidad de la Catarina,  $p$  es el paso de la cadena y  $\gamma$  es el ángulo de paso.

$$V_{min} = \frac{\pi \cdot np}{12} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \quad (44)$$

Mientras la potencia nominal se da  $H$  se muestra en la ecuación (45) donde  $N$  es el número de dientes en la Catarina menor,  $n$  es la velocidad de la Catarina,  $p$  es el paso de la cadena y  $k$  es en número de cadenas en el sistema.

$$H = \frac{100 \cdot K \cdot N^{1.5} \cdot p^{0.8}}{n^{1.5}} \quad (45)$$

Por otra parte, las ecuaciones de los engranajes son las mismas ecuaciones mencionadas anteriormente en sección de transmisión de bandas sincronizadas.

### Selección de motor

La selección del motor se da a partir de la fuerza de empuje, potencia, torque y potencia necesaria para trasladar al usuario hacia un lugar determinado. Esta elección se da partir de las siguientes ecuaciones mostradas en la tabla 10 como lo detalla (J.Valencia, 2018).

Tabla 10.  
Ecuaciones para selección de motor.

	Ecuación	Variables	N.º Ecuación
Fuerza de empuje	$F = Crr \cdot Nf$	$F$ = Fuerza de empuje $Crr$ = Coeficiente de resistencia a la rodadura 0.03 $Nf$ = Fuerza normal la cual actúa como el peso total da la bicicleta	( 46)
Fuerza normal	$Nf = m \cdot g$	$m$ = Masa total del sistema $g$ = Gravedad $9.8 \frac{m}{s^2}$	( 47)
Torque Necesario	$Tn = r \cdot F$	$r$ = Radio del Neumatico $F$ = Fuerza de empuje	( 48)
Potencia Requerida	$Preq = F \cdot Vmax$	$F$ = Fuerza de empuje $Vmax$ = Velocidad Máxima	( 49)

Tabla 10. Ecuaciones para selección de motor. Tomado de (J.Valencia, 2018).

### Selección de pernos

La selección de pernos se da teniendo en cuenta la sujeción del engranaje conductor a la llanta posterior de la bicicleta con el fin de trasferir la potencia y torque producido por el motor, con el fin de generar movimiento sin la necesidad de pedalear. La tabla 11 muestra las principales ecuaciones para la selección de sujetadores no permanentes métricos.

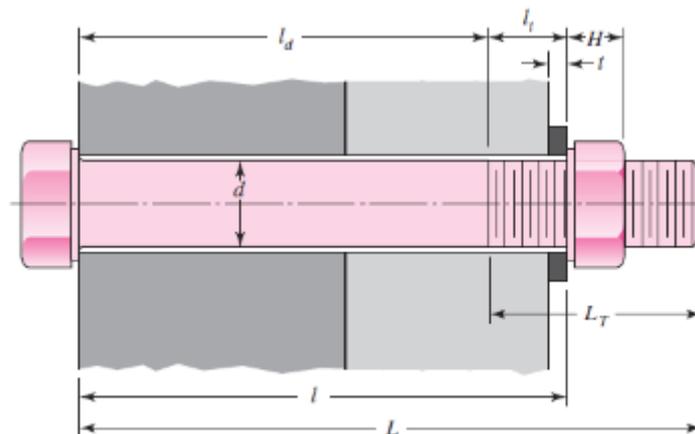


Figura 23. Longitudes para determinar la rigidez. Tomado de: (R. Budynas, 2008).

Tabla 11  
Ecuaciones para selección de perno.

	<b>Ecuación</b>	<b>Variable</b>	<b>N.º Ecuación</b>
Longitud de Rosca Total	$LT = 2d + 6$	$d =$ Diámetro del perno	( 50)
Longitud de la parte útil sin rosca	$ld = L - LT$	$L =$ Longitud del perno $LT =$ Longitud de rosca total	( 51)
Longitud de la parte roscada dentro del agarre	$lt = l - ld$	$l =$ Longitud de apriete $ld =$ Longitud de la parte útil sin roscar	( 52)
Área de la parte sin rosca	$Ad = \pi \cdot r^2$	$r =$ Radio del perno	( 53)
Rigidez del Elemento acero	$k1 = \frac{0.5774 \cdot \pi \cdot E \cdot d}{\ln \left( \frac{(1.155 \cdot t + D - d)(D + d)}{(1.155 \cdot t + D + d)(D - d)} \right)}$	$E =$ Modulo de elasticidad $D =$ Diámetro mayor $d =$ Diámetro menor del perno $E =$ Módulo de elasticidad	( 54)
Rigidez del Elemento aluminio	$k2 = E \cdot d \cdot A^{(B \cdot d/l)}$	$d =$ Diámetro menor $A =$ Parámetro de rigidez	( 55)
Rigidez del sujetador	$kb = \frac{Ad \cdot At \cdot E}{Ad \cdot lt + At \cdot ld}$	$Ad =$ Área mayor del sujetador $At =$ Área de tención $E =$ Módulo de elasticidad $lt =$ Longitud de la parte roscada $ld =$ Longitud de la parte útil sin roscar	( 56)
Presión externa	$P = \frac{Ptotal \cdot A}{N}$	$Ptotal =$ Fuerza total del perno	( 57)

		$A = \text{Área del elemento}$ $N = \text{Número de elementos}$	
Resistencia de prueba	$Sp = 0.85. Sy$	$Sy = \text{Resistencia a la fluencia}$	( 58)
Fuerza de prueba	$Fp = At. Sp$	$At = \text{Área de tensión}$ $Sp = \text{Resistencia de prueba}$	( 59)
Fuerza de precarga	$Fi = 0.75. Fp$	$Fp = \text{Fuerza de prueba}$	( 60)
Fracción de Carga externa	$C = \frac{Kb}{Kb + Km}$	$Kb = \text{Rigidez efectiva}$ $Km = \text{Rigidez del elemento}$	( 61)
Factor de carga	$Fc = \frac{Sp. At. Fi}{C. P}$	$Sp = \text{Resistencia de prueba}$ $At = \text{Área de tensión}$ $Fi = \text{Fuerza de precarga}$ $C = \text{Fracción de Carga externa}$ $P = \text{Presión externa}$	( 62)

Tabla 11. Ecuaciones para selección de perno. Tomado de (R. Budynas, 2008).

### Selección de materiales

La selección para materiales idóneos para la construcción y diseño del sistema de transmisión y acople al motor tiene en cuenta aspectos importantes como lo son: el módulo de elasticidad de los materiales, esfuerzos, disponibilidad y proceso de manufactura rápido.

**Módulo de elasticidad:** Este parámetro es noble ya que basándose de esta característica mecánica depende los tipos de cargas que van a resistir los diferentes elementos que conforman el mecanismo de transmisión y elementos de sujeción.

**Disponibilidad:** Es importante puesto que los elementos mecánicos que se va implementar deben estar disponibles en el mercado nacional para no tener que importar piezas de otro País.

**Proceso de manufactura:** Es importante considerar este punto ya que se debe tomar en cuenta la construcción de los diferentes componentes mecánicos que posteriormente serán implementados ya que cada uno cumple una función específica en el mecanismo de transmisión.

### **Análisis de esfuerzos**

Con el fin de obtener las condiciones de desempeño de la estructura del marco de la bicicleta se realiza el análisis de esfuerzos a través de software y corroborando los resultados obtenidos mediante un análisis de cálculo manual, el cual tiene como objetivo determinar el comportamiento que tiene el material, desplazamientos y si existe deformación del elemento con el fin de prevenir que falle mientras la bicicleta está en movimiento. Este análisis se debe hacer donde exista una o más fuerzas que tiendan a sobrepasar el esfuerzo de fluencia para precautelar que el elemento no se deforme.

De este modo se puede determinar cuáles son los principales diagramas de los esfuerzos que existen dentro del marco de la bicicleta y sus respectivos apoyos.

### **Diseño de detalles**

A partir de la información generada se dan los detalles finales del diseño para una posterior manufactura e implantación en la bicicleta.

Por lo cual se puede mostrar los planos de cada elemento correctamente dimensionado que pertenecen al sistema transmisión y sujeción. En este aspecto, es importante realizar el análisis estático por medio de diagramas de cuerpo libre.

Los pasos para obtener el diseño de detalle son los siguientes:

- Medición de los distintos modelos bicicletas disponibles en el mercado.
- Definir las variables de los diferentes modelos de bicicletas

- Análisis de la ubicación del mecanismo y motor incorporados en la bicicleta, la ubicación de los elementos de sujeción con el fin de obtener la mejor disposición del motor y mecanismo de transmisión para una óptima transferencia de potencia.
- Simulación del comportamiento de las diferentes cargas que interactúan en la bicicleta por consecuencia del peso de las diferentes componentes mecánicas y el usuario.
- Una vez determinada la disposición del motor y el mecanismo de transmisión de potencia, se lleva a cabo la construcción del prototipo.

### Simulación.

El software utilizado para el diseño de la bicicleta incorporando un motor es inventor el cual permite simular esfuerzos sobre el marco de la bicicleta.

Para el dimensionamiento de la malla del elemento se debe seleccionar la herramienta de entornos y seleccionar la sección de malla local y colocar el valor de malla congruente con el elemento.

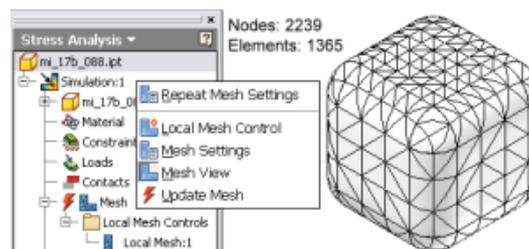


Figura 24. Malla del elemento. Tomado de: (Curtis Waguespack, 2015).

La convergencia es un punto importante debido a que se intersecan varias líneas creando nodos lo que genera mayores puntos de análisis arrojando resultados aproximados a la realidad.

Las fuerzas asignadas al marco de la bicicleta corresponden a los cuerpos que interactúan ya que se debe tomar en cuenta el punto crítico donde interaccionan los pesos de los elementos mecánicos y el peso del usuario.

Una vez acabada la simulación se obtendrá los resultados en el navegador, obteniendo el modelo mediante el uso de colores que muestran el rango de esfuerzo al que está

sometido el cuerpo por consecuencia de las fuerzas que actúan en varias direcciones en el sistema.

### **Construcción del prototipo**

Para construir el prototipo se toma en cuenta el proceso de definición. Con lo cual se lleva acabo tres fases del proceso de construcción para realizar la implementación del motor de dos tiempos en la bicicleta. En la primera fase se considera acoplar las partes fijas a la bicicleta, la segunda parte es ensamblar las partes móviles y en la etapa final se el montaje del sistema eléctrico de encendido.

Con los datos obtenidos en esta etapa se puede dar a conocer el diseño de la bicicleta con motor de dos tiempos con esto se puede realizar pruebas de ruta que permite determinar la potencia y torque disponible necesario para movilizar al usuario.

Es necesario tomar en cuenta que la posición adecuada del motor en la bicicleta permitirá que el usuario se sienta cómodo y seguro al momento de conducir el vehículo, para ello es indispensable saber tanto la adaptabilidad del motor, el sistema de transmisión y sistema de encendido utilizando el diseño en software Inventor

### **Protocolo de pruebas**

En esta etapa del estudio se evalúa el prototipo construido ya que se desea obtener información mediante pruebas técnicas con el motivo de evidenciar posibles fallas para posteriormente solucionarlas. Se inspecciona la operatividad y viabilidad que debe tener del mecanismo diseñado al momento de transmitir la potencia del motor hacia la llanta posterior de la bicicleta.

Al obtener información se debe realizar una tabla de resultados la cual ayudará a registrar las características técnicas y de desempeño que tendrá el prototipo de bicicleta con motor de dos tiempos con el fin de documentar los datos obtenidos.

Para obtener esta información se debe realizar una prueba de ruta una vez implementado tanto el motor como el mecanismo de transmisión de potencia. Esta prueba consiste en recorrer una determinada distancia y a una velocidad paulatina que va entre 10 km/h a 30 km/h ya que con esto se podrá evidenciar como el mecanismo actúa al momento de poner el vehículo en marcha.



**Resultados de la casa de calidad**

El estudio de la casa de la calidad detallad que los requerimientos que reúnen el 57.7% de las mejoras propuestas son 2 y las cuales son:

- Velocidad de trabajo. 32.1 %
- Diseño adaptable al usuario. 25.6 %

Las 3 características técnicas que reúnen el 52.5% en la satisfacción de los requerimientos del usuario son:

- Consumo de combustible
- Sistema de fácil uso
- Bajo costo

Mediante esta herramienta se obtienen las necesidades del usuario para convertirlas en características técnicas que ayudarán a la fabricación e implementación de un motor de dos tiempos a una bicicleta. La implementación de vehículos livianos como medio de transporte al igual que las bicicletas, representa una opción viable a la disminución de la congestión vehicular gracias a su diseño y velocidad de ruta que ayuda a mejorar el traslado del usuario.

Por otro lado, durante su manufactura se dará prioridad al diseño del sistema de transmisión, la adaptabilidad del motor al marco de la bicicleta y el peso de carga ya que son factores que influirán en el consumo de combustible y el tiempo de traslado.

**Principios de solución para el mecanismo de transmisión**

El Principio de solución para el mecanismo de transmisión evalúa 3 alternativas viables mediante la evaluación y selección de alternativas detalladas en la tabla 12.

Tabla 12  
*Especificaciones Técnicas*

<b>Especificaciones técnicas de una bicicleta con motor de dos tiempos</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Propone</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripción</b>
Torque	I	R	Torque entregado por el motor
Potencia	I	R	Potencia entregada por el motor
Dimensiones	C+I	D	Longitud de la bicicleta Ancho de la bicicleta
Combustible	C	R	Gasolina
Autonomía	C	D	90 km x galón
Vida Útil	C+I	D	En operación 5 años

Tabla 12. Especificaciones Técnicas. Autoría Propia

C = Cliente, I= Ingeniería, R= Requerimiento, D= Deseo.

### Diseño Conceptual

Como resultados del diseño conceptual en esta etapa se parte de un análisis ficcional que deberá cumplir la bicicleta con motor de dos tiempos. A continuación, se completa el análisis funcional del sistema con la definición del módulo mecánico y eléctrico que efectuarán funciones principales del mecanismo de transmisión y el sistema eléctrico de encendido.

### Análisis Funcional

En la figura 25 se representa la función que se pretende realizar con la implementación del motor de dos tiempos a la bicicleta. De esta manera se indica las señales de entrada y salida obteniendo las tareas que deben realizar el módulo mecánico y eléctrico.

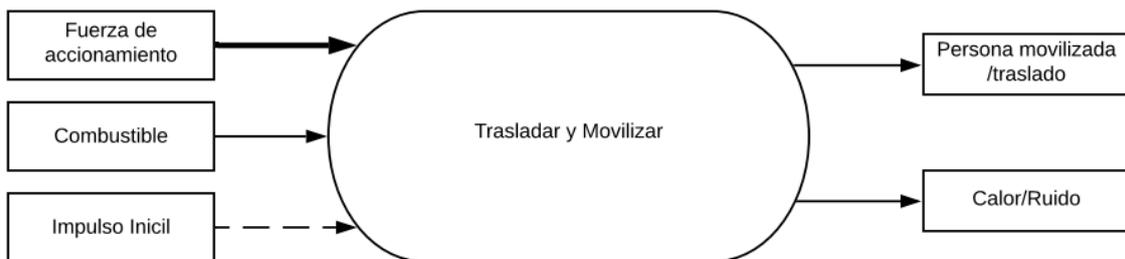


Figura 26. Análisis del diagrama funcional. Tomado de: Fuente Propia.

### Definición de módulos

Como resultado del diagrama funcional se origina la estructura modular donde las funciones pretenden delimitar los módulos que intervienen en la bicicleta con motor de 2 tiempos ordenando las funciones en dos módulos como se muestran en la figura 26 los cuales son: modulo eléctrico y modulo mecánico.

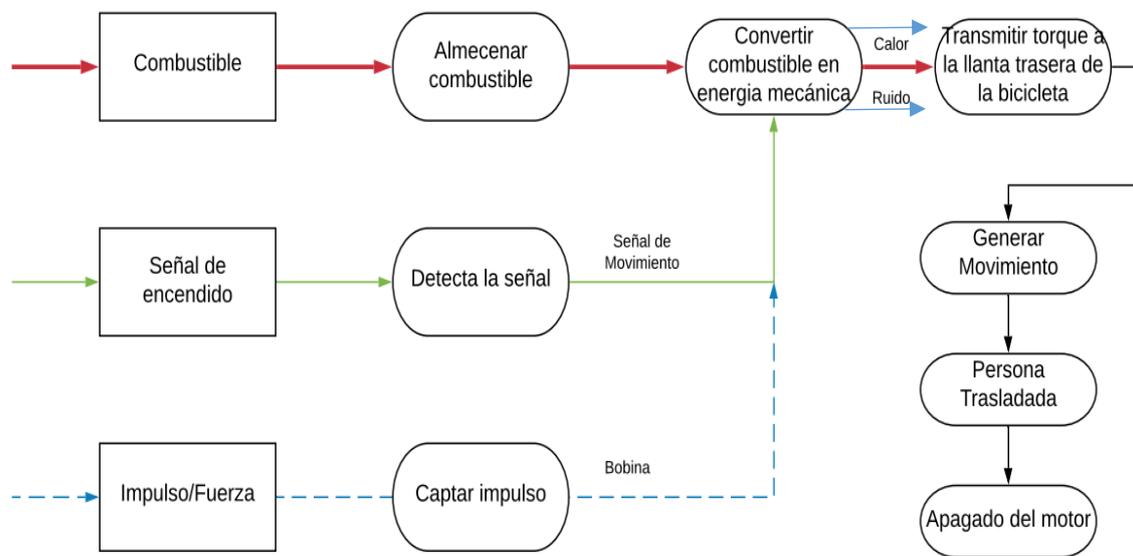


Figura 27. Definición de módulos. Tomado de: Fuente Propia.

**Principios de solución para el módulo mecánico**

El principio de solución del módulo mecánico designa tres alternativas para el diseño del mecanismo de transmisión de potencia a través del método de criterios ponderados corregidos ya que este proceso forma parte del diseño concurrente. La tabla 11 muestra las alternativas de solución que se plantean.

Tabla 13  
*Alternativas para el módulo Mecánico*

<b>Función</b>	<b>Solución para las funciones</b>
Almacenar combustible	
Convertir combustible en energía mecánica	
Transmitir movimiento a la llanta posterior	

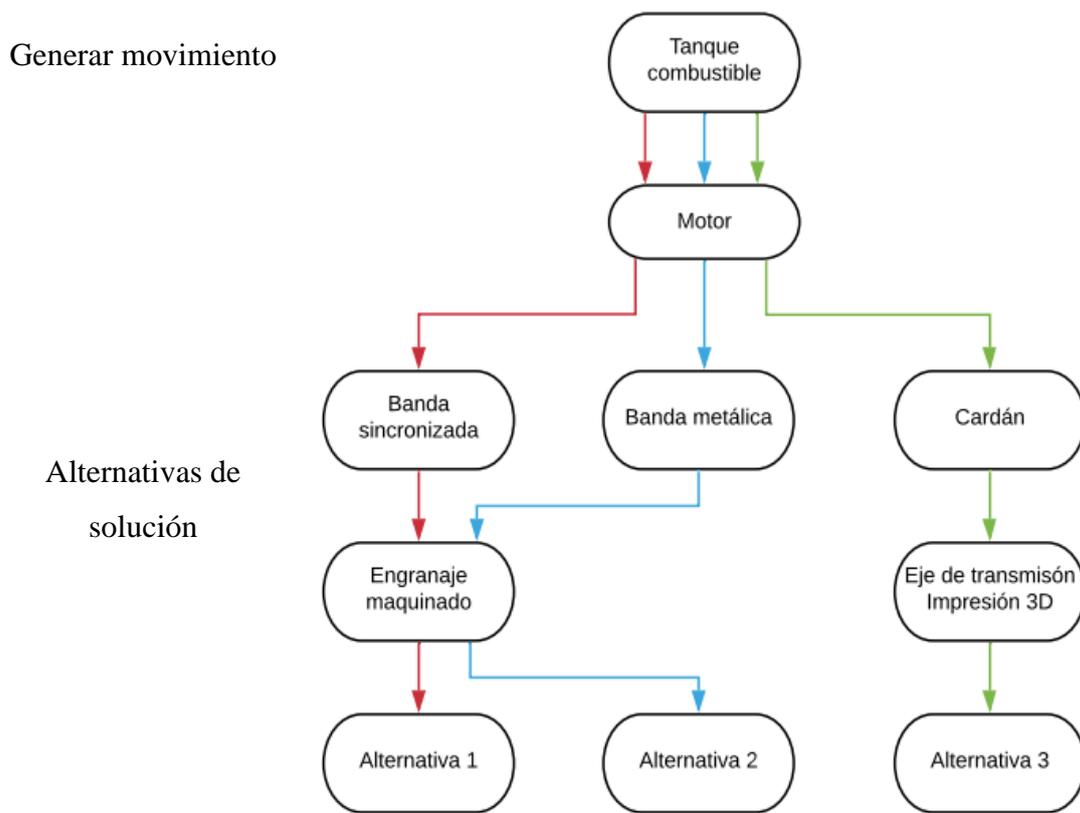


Tabla 13. Alternativas para el módulo Mecánico. Autoría Propia

En esta parte del estudio se enuncian las alternativas de solución del módulo mecánico por lo que se enuncian los siguientes principios de diseño los cuales se detallan a continuación.

Alternativa 1 con banda sincronizada.



Figura 28. Alternativa 1. Tomado de: Fuente Propia.

Alternativa 2 con banda metálica.



Figura 29. Alternativa 2. Tomado de: Fuente Propia.

Alternativa 3 con cardan.



Figura 30. Alternativa 3. Tomado de: Fuente Propia.

### **Evaluación de las soluciones**

#### **Peso ligero**

Este criterio se formula ya que el módulo mecánico debe cooperar para que las cargas implementadas por consecuencia de cada componente en el marco de la bicicleta no tiendan a deformar la estructura.

#### **Manufactura rápida**

Este criterio se da ya que al ser un producto que va hacer de uso cotidiano debe tener disponibilidad ante las necesidades del usuario.

#### **Precio**

El precio es un criterio de diseño ya que este deberá tener un valor de adquisición menor que la competencia teniendo en cuenta que el presupuesto del usuario ronda u oscila \$450 a \$600.

**Eficiencia**

El sistema debe ser eficiente y transmitir potencia a una relación constante sobre un intervalo muy amplio de velocidad y por otro lado transmitir torque y potencia necesaria.

**Seguridad**

Finalmente se obtiene el criterio de seguridad, debido a que el sistema de transmisión debe brindar la seguridad necesaria para que no exista una falla en el sistema y el usuario no corra ningún riesgo al momento de conducir el vehículo.

En tabla 12 se procede a valorar los criterios anterior mente mencionados con la ayuda del proceso de criterios ponderados corregidos.

Tabla 14  
*Evaluación de la importancia de cada criterio*

Criterio	Peso	Manufactura Rápida	Precio	Eficiencia	Seguridad	Suma+1	Ponderado
Peso ligero		1	1	1	0.5	4.5	0.310
Manufactura rápida	0		1	0	0	2	0.138
Precio	0	0.5		0	0	1.5	0.103
Eficiencia	0.5	0	0		0.5	2	0.138
Seguridad	0.5	1	1	1		4.5	0.310
<b>TOTAL</b>						<b>14.5</b>	<b>1.000</b>

Tabla 14. Evaluación de la importancia de cada criterio. Autoría Propia.

A partir de la evaluación de la importancia de cada criterio se establece el peso ligero y la seguridad como criterios notables que deben tener en el diseño.

En la tabla 15, 16, 17, 18 y 19 se evalúan cada alternativa con el proceso de criterios ponderados corregidos para evaluar cada uno de los criterios a escoger.

Tabla 15

*Evaluación de la importancia del criterio “Peso Ligero”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Peso ligero	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	1	3	0.462
Alternativa 2	0		1	2	0.308
Alternativa 3	0	0.5		1.5	0.231
TOTAL				6.5	1.000

Tabla 15. Importancia del criterio “Peso Ligero”. Autoría Propia.

Tabla 16

*Evaluación de la importancia del criterio “Manufactura Rápida”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Manufactura Rápida	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	1	3	0.600
Alternativa 2	1		0	2	0.200
Alternativa 3	0	0		1	0.200
TOTAL				5	1.000

Tabla 16. Importancia del criterio “Manufactura Rápida”. Autoría Propia.

Tabla 17

*Evaluación de la importancia del criterio “Precio”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Precio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	1	3	0.545
Alternativa 2	1		0.5	1.5	0.273
Alternativa 3	0	0		1	0.182
TOTAL				5.5	1.000

Tabla 17. Importancia del criterio “Precio”. Autoría Propia.

Tabla 18

*Evaluación de la importancia del criterio “Eficiencia”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 < Alternativa 3					
Eficiencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	1	3	0.400
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.267

Alternativa 3	1	0.5		2.5	0.333
TOTAL				7.5	1.000

Tabla 18. Importancia del criterio "Eficiencia". Autoría Propia.

Tabla 19

*Evaluación de la importancia del criterio "Seguridad"*

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3					
Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	1	3	0.462
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.385
Alternativa 3	0	0		1	0.154
TOTAL				6.5	1.000

Tabla 19. Importancia del criterio "Seguridad". Autoría Propia.

Por último, se realiza el cálculo de la evaluación mostrada en la tabla 20, en base los resultados obtenidos en las tablas anteriores. Al obtener los valores de cada alternativa se toma en cuenta el valor más alto como la alternativa ganadora la cual escogida con la prioridad más alta.

Tabla 20

*Evaluación de conclusiones mediante el método ordinal de criterios ponderados*

Conclusiones	Peso	Manufatura Rápida	Precio	Eficiencia	Seguridad	Sumatoria	Prioridad
Alternativa 1	0,143	0,083	0,056	0,055	0,143	0,481	1
Alternativa 2	0,095	0,028	0,028	0,037	0,119	0,307	2
Alternativa 3	0,072	0,028	0,019	0,046	0,048	0,212	3

Tabla 20. Evaluación de conclusiones. Autoría Propia.

A partir de la evaluación anteriormente realizada en la tabla 18 se obtiene la alternativa ganadora, ya que de esta manera se obtiene el diseño de la bicicleta con motor de dos tiempos.

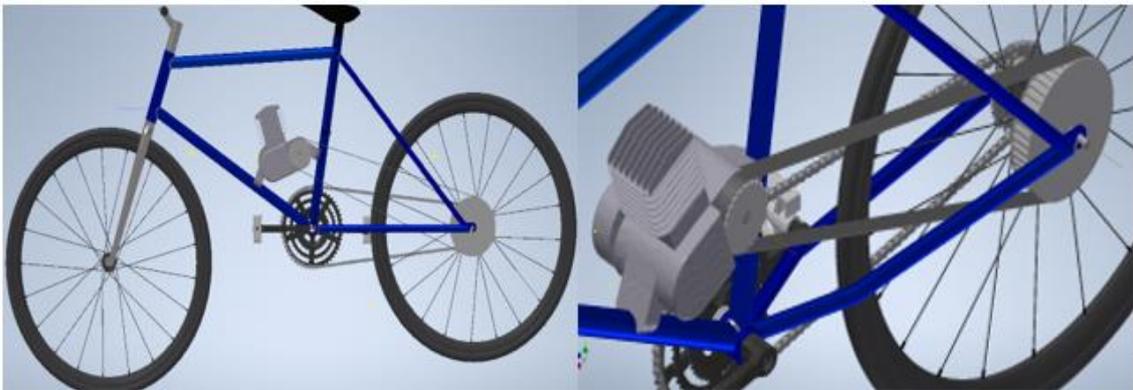


Figura 31, Alternativa para el módulo mecánico. Tomado de: Fuente propia

**Principios de solución para el módulo de control.**

El principio de solución de módulo de control valora 2 alternativas para ser evaluadas por el criterio del método de criterios ponderados ya que en esta sección se da a conocer las alternativas de solución mostradas en la tabla 19.

Tabla 21  
Alternativas para el módulo de control

Función	Solución para las funciones		
Encender y controlar el sistema	Encendido por llave		Encendido manual
Controlar aceleración	Cuerpo de aceleración electrónico		Aceleración manual con cable desde el manillar
Apagado de motor	Apagado con llave		Apagado con boton
Alternativas de solución	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

Tabla 21. Alternativas para el módulo de control. Autoría Propia.

En esta parte del estudio se propone los siguientes criterios para la implementación del módulo de control por lo cual se enuncian los siguientes principios de diseño los cuales se detallan a continuación.

**Compacto**

El uso de los componentes debe priorizar la distribución óptima en el marco de la bicicleta ya que el usuario debe viajar cómodo y seguro.

**Eficiencia**

El sistema debe ser eficiente ya que de él depende la velocidad, potencia y torque que el usuario necesita para trasladarse a su destino sin tener algún tipo de inconveniente

**Fiabilidad**

Este criterio se da ya que el módulo de centro de control no deberá presentar ninguna anomalía durante el trayecto y el motor se encuentre encendido.

**Fácil de utilizar**

El criterio fácil de usar ya que el sistema debe ser adaptarse a las necesidades del usuario sin presentar trabas al momento de su utilización.

Tabla 22  
*Evaluación de la importancia de cada criterio*

Criterio	Compacto	Eficiencia	Fiabilidad	Fácil de usar	Suma	Ponderado
Compacto		0	0	0.5	1.5	0.167
Eficiencia	0.5		0.5	1	3	0.333
Fiabilidad	1	0.5		1	3.5	0.389
Fácil de usar	0.5	0	0		1	0.111
				<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>1.000</b>

Tabla 22. Evaluación de la importancia de cada criterio. Autoría Propia.

Tabla 23  
*Evaluación de la importancia del criterio “Compacto”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 < Alternativa 3					
Compacto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		0.5	1	2.5	0.333
Alternativa 2	0		1	2	0.267
Alternativa 3	1	1		3	0.400
			<b>TOTAL</b>	<b>7.5</b>	<b>1.000</b>

Tabla 23. Evaluación del criterio compacto. Autoría Propia.

Tabla 24  
*Evaluación de la importancia del criterio “Eficiencia”*

Alternativa 1 > Alternativa 2 < Alternativa 3					
Eficiencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		1	0.5	2.5	0.385
Alternativa 2	0		0	1	0.154

Alternativa 3	1	1		3	0.462
TOTAL				6.5	1.000

Tabla 24. Evaluación de la importancia del criterio “Eficiencia”. Autoría Propia.

Tabla 25

Evaluación de la importancia del criterio “Fiabilidad”

Alternativa 1 < Alternativa 2 < Alternativa 3					
Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		0	0	1	0.182
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.364
Alternativa 3	1	0.5		2.5	0.455
TOTAL				5.5	1.000

Tabla 25. Evaluación de la importancia del criterio Fiabilidad. Autoría Propia.

Tabla 26

Evaluación de la importancia “Fácil de usar”

Alternativa 1 < Alternativa 2 < Alternativa 3					
Fácil de usar	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	suma+1	Ponderado
Alternativa 1		0.5	0	1.5	0.250
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.308
Alternativa 3	1	0.5		2.5	0.385
TOTAL				6.5	1.000

Tabla 26. Evaluación de la importancia Fácil de usar. Autoría Propia.

Por último, se realiza el cálculo de la evaluación mostrada en la tabla 27, en base los resultados obtenidos en las tablas anteriores. Al obtener los valores de cada alternativa se toma en cuenta el valor más alto para poder ser implementado en el sistema como la alternativa más viable.

Tabla 27

Evaluación de conclusiones del método ordinario de criterios ponderados

Conclusiones	Compacto	Eficiencia	Fiabilidad	Fácil de usar	Sumatoria	Prioridad
Alternativa 1	0,056	0,128	0,071	0,028	0,282	2,000
Alternativa 2	0,045	0,051	0,142	0,034	0,272	3,000

Alternativa 3	0,067	0,154	0,177	0,043	0,440	1,000
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 27. Evaluación de conclusiones. Autoría Propia.

**Diagrama Morfológico.**

La tabla 28 indica la solución final tomando en cuenta las alternativas propuestas, dando como resultado la alternativa 1 para el módulo mecánico y 3 para el módulo de control con esto se consigue obtener el diseño conceptual de la incorporación del motor de 2 tiempos a la bicicleta.

El módulo mecánico se enfoca en la transmisión de potencia y generar movimiento a la llanta posterior de la bicicleta mientras que el módulo de control se enfoca en la operación de los sistemas.

Tabla 28  
*Soluciones seleccionadas para la implementación del motor de 2 tiempos*

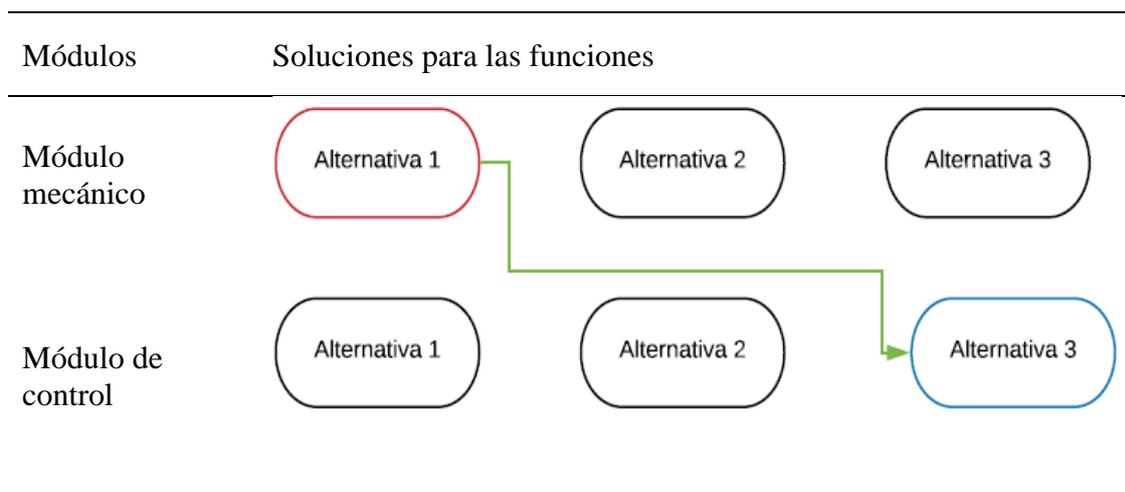


Tabla 28. Soluciones seleccionadas. Autoría Propia.

**Modelado del concepto de la bicicleta con motor de dos tiempos**

La solución que se obtiene mostradas en la tabla 28 se representa en manera conceptual en la figura 29, donde se tiene un mecanismo de trasmisión de potencia por medio de banda sincronizada con poleas dentadas. De igual manera la figura 29 muestra la distribución del sistema de control y el acople del motor de 2 tiempos al cuadro de la bicicleta.



Figura 32. Concepto de bicicleta con motor de dos tiempos. Tomado de: Autoría Propia

### **Diseño de materialización**

En esta etapa del estudio se determinan las dimensiones y especificaciones de los componentes mecánicos que forman tanto el sistema de transmisión de potencia como el sistema de control y elementos de sujeción.

### **Requerimientos limitadores**

En esta sección del estudio se da a conocer los requerimientos que delimitan y definen el diseño para el mecanismo de tradición los cuales son.

Autonomía de trabaja	100 km por galón
Velocidad máxima	50 km/h
Potencia necesaria	2 Hp
Cilindrada	40cc – 80cc
Espacio disponible en el marco de la bicicleta	

### **Dimensiones del módulo mecánico**

En esta etapa del estudio se realiza el dimensionamiento del módulo mecánico que comprende la selección de banda, dimensionamiento de sus respectivas poleas dentadas, elementos de sujeción y selección del motor de dos tiempos.

### Selección de motor de dos tiempos

El motor idóneo se selecciona a partir de la fuerza de empuje, potencia, torque y potencia necesaria para trasladar al usuario hacia un lugar determinado. Esta elección se dio a partir de las siguientes ecuaciones y una búsqueda de los diferentes catálogos de fabricantes en el mercado local.

La fuerza de empuje necesario para mover la bicicleta con motor de dos tiempos del reposo se muestra a continuación.

$$N_f = 24.5 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 204.1 \text{ N}$$

$$F = 0.03 \cdot 204.1 \text{ N} = 7.203 \text{ N}$$

La siguiente ecuación presenta el torque necesario el cual está en función del radio del neumático y la fuerza necesaria de empuje anterior mente calculada.

$$T_n = 0.32 \text{ m} \cdot 7.203 \text{ N}$$

$$T_n = 2.30 \text{ Nm}$$

Finalmente se calcula la potencia requerida la cual es necesaria para alcanzar la velocidad deseada tomando en cuenta la velocidad máxima que se debe transitar en la urbe de Quito que es de 40 km/h, es decir 11.11 m/s como lo especifica (J.Valencia, 2018).

$$P_{req} = 7.203 \text{ N} \cdot 11.11 \text{ m/s}$$

$$P_{req} = 80.02 \text{ W}$$

De esta manera se da a conocer las especificaciones técnicas que debe tener el motor de dos tiempos para ser implementado en la bicicleta.

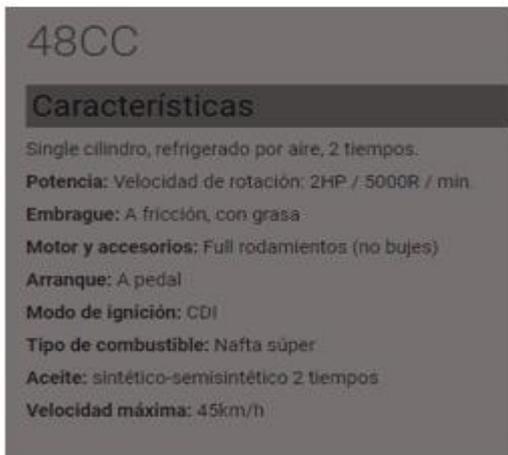


Figura 33. Características técnicas de motor seleccionado. Tomado de:(Motores Golden, 2016)

### Selección de banda sincronizada

Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos mencionados anteriormente se obtiene el dimensionamiento y selección de la banda sincronizada tomando en cuenta el cervice de la banda y el espacio físico disponible desde el motor anclado al marco de la bicicleta hacia la llanta posterior.

Para su selección se presenta el catálogo en la figura 31 donde engloba los tipos de bandas siendo la elegida la banda sincronizada 1270-5M ya que el fabricante menciona que es resistente al calor, la abrasión y de alto torque.

La banda sincronizada de servicio 1270-5M con paso de 3/8 es la adecuada teniendo en cuenta tanto la potencia y torque a ser transmitido como el espacio físico disponible en la bicicleta y entre sus ventajas están:

- Mayor transmisión de torque a bajas velocidades.
- Transmisión de alta potencia en un amplio rango de velocidad.
- Mayor resistencia al cizallado dental.
- Menos desgaste de los dientes a consecuencia de la fricción.
- Mallado mejorado para reducir el salto del diente.

5mm HTB <sup>®</sup> SYNCHRONOUS BELTS											
Belt Type	Pitch Length (mm)	Number of Teeth	Approx. Wt. (lbs.) 09mm	Approx. Wt. (lbs.) 15mm	Approx. Wt. (lbs.) 25mm	Belt Type	Pitch Length (mm)	Number of Teeth	Approx. Wt. (lbs.) 09mm	Approx. Wt. (lbs.) 15mm	Approx. Wt. (lbs.) 25mm
215-5M	215	43	0.019	0.032	0.054	640-5M	640	128	0.056	0.094	0.157
225-5M	225	45	0.020	0.034	0.056	665-5M	665	133	0.058	0.097	0.160
240-5M	240	48	0.022	0.036	0.060	670-5M	670	134	0.058	0.098	0.162
265-5M	265	53	0.024	0.040	0.066	675-5M	675	135	0.059	0.099	0.164
270-5M	270	54	0.024	0.041	0.068	680-5M	680	136	0.059	0.099	0.165
300-5M	300	60	0.026	0.044	0.073	700-5M	700	140	0.061	0.102	0.170
320-5M	320	64	0.028	0.047	0.078	725-5M	725	145	0.064	0.106	0.176
325-5M	325	65	0.029	0.048	0.080	740-5M	740	148	0.065	0.108	0.179
330-5M	330	66	0.029	0.049	0.082	750-5M	750	150	0.066	0.110	0.175
345-5M	345	69	0.030	0.050	0.084	755-5M	755	151	0.066	0.111	0.184
350-5M	350	70	0.031	0.051	0.085	770-5M	770	154	0.068	0.113	0.188
355-5M	355	71	0.031	0.052	0.086	800-5M	800	160	0.070	0.117	0.194
360-5M	360	72	0.032	0.053	0.088	825-5M	825	165	0.072	0.120	0.197
370-5M	370	74	0.032	0.054	0.090	835-5M	835	167	0.073	0.121	0.201
375-5M	375	75	0.033	0.055	0.091	850-5M	850	170	0.074	0.124	0.206
400-5M	400	80	0.035	0.059	0.098	860-5M	860	172	0.075	0.126	0.210
420-5M	420	84	0.036	0.060	0.100	890-5M	890	178	0.078	0.130	0.216
425-5M	425	85	0.037	0.061	0.101	925-5M	925	185	0.081	0.135	0.224
450-5M	450	90	0.039	0.066	0.110	935-5M	935	187	0.082	0.136	0.226
460-5M	460	92	0.040	0.067	0.111	950-5M	950	190	0.083	0.138	0.229
465-5M	465	93	0.041	0.068	0.113	980-5M	980	196	0.085	0.142	0.236
475-5M	475	95	0.042	0.070	0.116	1000-5M	1000	200	0.087	0.145	0.241
500-5M	500	100	0.044	0.073	0.121	1050-5M	1050	210	0.092	0.153	0.254
525-5M	525	105	0.049	0.076	0.127	1125-5M	1125	225	0.098	0.164	0.272
535-5M	535	107	0.050	0.078	0.130	1240-5M	1240	248	0.109	0.181	0.301
550-5M	550	110	0.050	0.082	0.137	1270-5M	1270	254	0.111	0.185	0.307
565-5M	565	113	0.051	0.083	0.138	1420-5M	1420	284	0.124	0.206	0.342
575-5M	575	115	0.051	0.084	0.139	1500-5M	1500	300	0.131	0.218	0.364
580-5M	580	116	0.051	0.085	0.141	1595-5M	1595	319	0.139	0.231	0.384
600-5M	600	120	0.053	0.088	0.146	1790-5M	1790	358	0.159	0.260	0.432
610-5M	610	122	0.054	0.090	0.149	1800-5M	1800	360	0.160	0.261	0.433
615-5M	615	123	0.054	0.090	0.151	1870-5M	1870	374	0.167	0.271	0.452
625-5M	625	125	0.055	0.092	0.153	2000-5M	2000	400	0.178	0.281	0.467
635-5M	635	127	0.056	0.093	0.154	2525-5M	2525	505	0.225	0.354	0.588

Figura 34. Catálogo del fabricante banda sincronizada. Tomado de: (Jason Industrial, 2020).

### Diseño de poleas dentadas

El diseño de las poleas dentadas se da a partir de la selección de la banda sincronizada ya que se dimensiona aprovechando el espacio disponible en la llanta posterior de la bicicleta y el espacio existente en el motor de dos tiempos.

Se demuestra a continuación las ecuaciones que permite determinar el número de dientes, los diámetros respectivos de las poleas dentadas y la relación de transmisión necesaria en el mecanismo.

Para su diseño y posterior manufactura se tiene en cuenta el diámetro del piño del motor ya que se tomó en referencia sistemas de transmisión de la competencia. A continuación, se calcula las ecuaciones de transmisión por banda sincronizada mostradas en la tabla 29.

Tabla 29  
Cálculo para la selección de poleas

Variable	Ecuación
----------	----------

---

Relación de transmisión	$R = \frac{180 \text{ mm}}{45 \text{ mm}} = 4$
Frecuencia	$f = \frac{5000 \text{ rpm}}{60} = 83.33 \text{ Hz}(\text{seg}^{-1})$
Velocidad angular piñón conducido	$\omega = 2 * \pi * 83.33 \text{ [s]}$ $\omega = 523.577 \text{ [s]}$
Torque del piñón conductor	$T_{pl} = \frac{1491 \text{ W}}{523.577 \text{ S}} = 2.84 \text{ Nm}$
Torque engranaje conducido	$T_{el} = 2.84 \text{ Nm} * \frac{80}{20} = 11.36 \text{ Nm}$
Fuerza piñón conductor	$F = \frac{2 * 2.84 \text{ Nm}}{0.32 \text{ m}} = 17.75 \text{ N}$

---

Tabla 29. Transmisión por banda sincronizada. Tomado de (R. Budynas, 2008).

### Selección de pernos para acople de poleas

Los pernos que sujetan el engranaje a la llanta posterior de la bicicleta se seleccionan mediante el factor de carga demostrado en la tabla 30 teniendo en cuenta que es un perno grado 8.8 de 6 mm de diámetro mostrado en la figura 32.

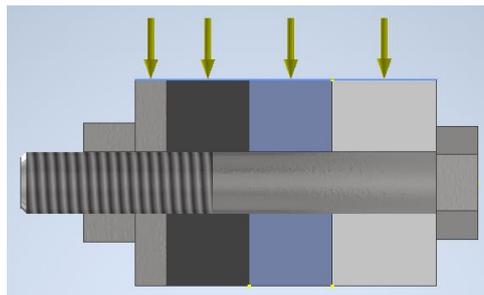


Figura 35. Fuerzas cortantes en el perno. Tomado de: Autoría propia.

Tabla 30  
Cálculo para el factor de carga

---

Variable	Ecuación
Longitud de agarre	$l = 10\text{mm} + 8\text{mm} + 8\text{mm} + 3\text{mm} + 1.5$ $= 30.75\text{mm}$

---

Longitud del perno  $L = 30.75\text{mm} + 5.2 = 35.95 = 40\text{mm}$

Longitud de rosca total  $LT = 2.6\text{mm} + 6\text{mm} = 18\text{mm}$

Longitud de la parte útil sin roscar  $ld = 40\text{mm} - 18\text{mm} = 22\text{mm}$

Longitud de la parte roscada dentro del agarre  $lt = 30.75\text{mm} - 22\text{mm} = 8.75\text{mm}$

Área de la parte sin rosca  $Ad = \pi \cdot (6)^2 = 28.27\text{mm}^2$

Área de tención  $At = 20.1\text{mm}^2$

Rigidez del sujetador 
$$k_b = \frac{20.27\text{mm} \cdot 20.1\text{mm} \cdot 207 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}}{20.27\text{mm} \cdot 8.75\text{mm} + 20.1\text{mm}^2 \cdot 2\text{mm}}$$

$$= 162.1260 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$$

Resistencia de prueba  $Sp = 0.85 \cdot 660\text{Mpa} = 561\text{Mpa}$

Fuerza de prueba  $Fp = 20.1\text{mm}^2 \cdot 561 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} = 11.27\text{KN}$

Fuerza de precarga  $Fi = 0.75 \cdot 11.27\text{KN} = 8.45\text{KN}$

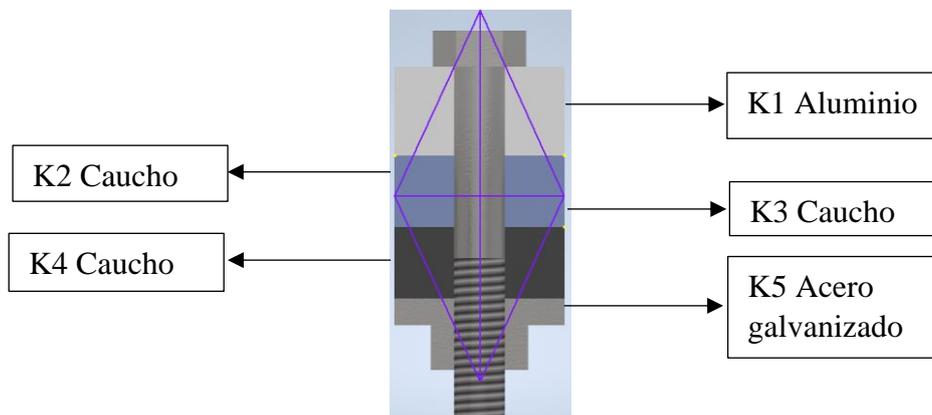


Figura 36. Longitud de agarre. Tomado de: Autoría propia.

Rigidez del Elemento aluminio 
$$k_1 = 71 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \cdot 6\text{mm} \cdot 0.79670 \left(0.63816 \cdot \frac{6\text{mm}}{30.75\text{mm}}\right)$$

$$= 414.11 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$$

Rigidez del Elemento caucho	$k_2, k_3, k_4=1$
Rigidez del Elemento acero galvanizado	$k_5 = \frac{0.5774 \cdot \pi \cdot 207 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \cdot 6\text{mm}}{\ln \left( \frac{(1.155 \cdot t + 9\text{mm} - 6\text{mm})(9\text{mm} + 6\text{mm})}{(1.155 \cdot t + 9\text{mm} + 6\text{mm})(9\text{mm} - 6\text{mm})} \right)}$ $= 1280.67 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$
Rigidez del elemento total	$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{414.11 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}} + \frac{1}{1280.67 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}} = 312.92 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}$
Fracción de carga externa	$C = \frac{162.1260 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}}{162.1260 \frac{\text{KN}}{\text{mm}} + 312.92 \frac{\text{KN}}{\text{mm}}} = 0.34$
Presión externa	$P = \frac{0.35\text{KN} \cdot \pi \cdot 3^2}{4} = 2.47\text{KN}$
Factor de carga	$F_c = \frac{561 \times 10^{-3} \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \cdot 20.1\text{mm}^2 - 8.45\text{KN}}{0.34 \cdot 2.47\text{KN}} = 3.36$

Tabla 30. Cálculo de Factor de carga. Autoría Propia.

### Diseño del acople patea dentada

La patea dentada trasera tiene una base como se la muestra en la figura 34 la cual consta de 4 agujeros para el acople de la patea a la llanta posterior de la bicicleta con una distancia radial de los agujeros es de 36.75 mm. En el acople actúa un momento torsor de la patea dentada (M) y el peso de la misma el cual provoca una reacción (V) por lo cual se debe saber las fuerzas primaria que actúan en el acople donde  $F_A=F_B=F_C=F_D$  y su factor de seguridad el cual brinda fijación a los radios de la llanta del vehículo.

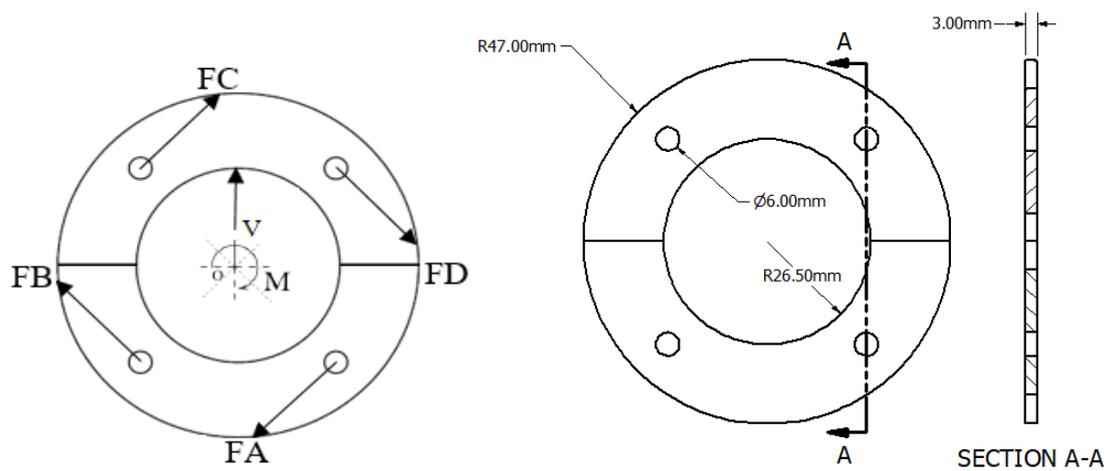


Figura 37. Diagrama de cuerpo libre acople. Tomado de: Autoría Propia.



Figura 38. Acople incorporado llanta posterior. Tomado de: Autoría Propia.

Tabla 31  
Cálculo para factor de seguridad

Variable	Ecuación
Fuerza de reacción	$V = 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 0.907kg = 8.88N$
Fuerzas Primarias	$F_{1,2,3,4} = \frac{8.88N}{4} = 2.22 N$
Momento torsor eje conductor	$M = 11.36 Nm$
Sumatoria de momentos	$\Sigma M = 11.36Nm + 8.88N \cdot 0.03675m = 11.68 Nm$

Inercia	$I = \frac{0.003 \cdot (0.094)^3}{12} = 2.07 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$
Esfuerzo	$\sigma_y = \frac{11.68 \text{ Nm} \cdot 0.094 \text{ m}}{2.07 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4} = 5.30 \cdot 10^6 = 5.30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Factor de seguridad	$n = \frac{250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{5.30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 47.16$

---

Tabla 31. Calculo factor de seguridad acople de polea dentada. Tomado de: Autoría Propia

Mediante el cálculo realizado el factor de seguridad para el acople de la polea dentada es de 47.16. Este resultado se dio ya que la fuerza cortante no es tan elevada considerando que el material usado es un acero A 36 con resistencia a la fluencia de 250 Mpa y por su fácil adquisición.

### Simulación Estática

Para el desarrollo del estudio es necesario realizar el diseño del marco de la bicicleta por medio del programa Inventor, ya que es una herramienta que perime el desarrollo y creación de piezas, como así también la simulación de cargas estáticas en la estructura de la bicicleta. Los resultados se muestran en el anexo 1.

Los términos en que asignaron las fuerzas estáticas representan a un usuario de 73 Kg que es el peso de una persona de 1.70 m, ya que es la altura promedio de un ecuatoriano y también a las cargas producidas por el peso del tanque de combustible de 2 kg, el peso del motor de 10 kg como se muestra en la figura 36.

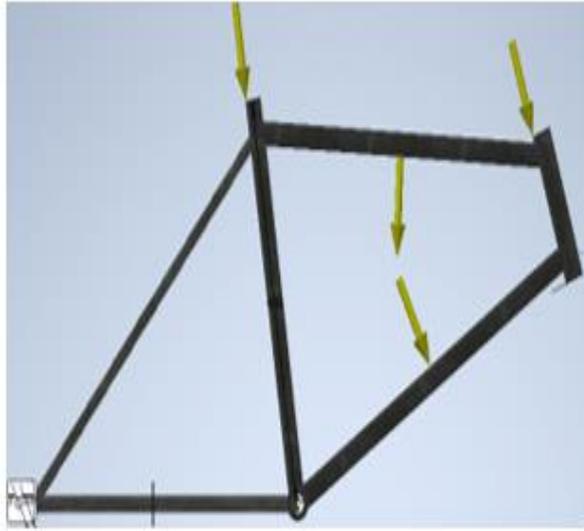


Figura 39. Fuerzas ejercidas sobre el marco de la bicicleta. Tomado de: Autoría Propia.

Como resultado de la simulación estática se toma en cuenta lo más importante: los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad como lo muestra la figura 37.

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	765349 mm ^ 3	
Masa	6,00605 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	82,3169 MPa
1er estrés principal	-7,15349 MPa	69,4945 MPa
Tercer estrés principal	-62,1797 MPa	3,16485 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0163261 mm
Factor de seguridad	9,20831 ul	15 ul
Estrés XX	-50,5621 MPa	43,3494 MPa
Estrés XY	-19,1693 MPa	40,2767 MPa
Estrés XZ	-26,0286 MPa	8,3632 MPa
Estrés YY	-26,088 MPa	14,8077 MPa
Estrés YZ	-10,9597 MPa	25,5725 MPa
Estrés ZZ	-22,2655 MPa	31,5324 MPa
X desplazamiento	-0,00101837 mm	0,00415921 mm
Desplazamiento	-0,0154219 mm	0,00000428788 mm
Desplazamiento Z	-0,00358899 mm	0,00165384 mm
Cepa equivalente	0 ul	0,000598786 ul
1ra cepa principal	-0,000000181822 ul	0,000607182 ul
Tercera cepa principal	-0,0004467 ul	0,000000104906 ul
Cepa XX	-0,000321365 ul	0,000295455 ul
Cepa XY	-0,000206805 ul	0,00043452 ul
Strain XZ	-0,000280807 ul	0,0000902254 ul
Colar YY	-0,000286158 ul	0,000130956 ul
Cepa YZ	-0,000118238 ul	0,000275886 ul
Strain ZZ	-0,000128828 ul	0,000203012 ul
Presión de contacto	0 MPa	26,2611 MPa
Presión de contacto X	-13,9944 MPa	25,6097 MPa
Presión de contacto Y	-9,69073 MPa	11,3291 MPa
Presión de contacto Z	-12,3517 MPa	8,4112 MPa

Figura 40. Resultados de la simulación estática. Tomado de: Autoría Propia.

Como podemos observar en la figura 38 el desplazamiento es 0.016 mm el cual es mínimo, lo que significa que no se produce una deformación crítica en el marco y soporta el peso de los componentes implementados.

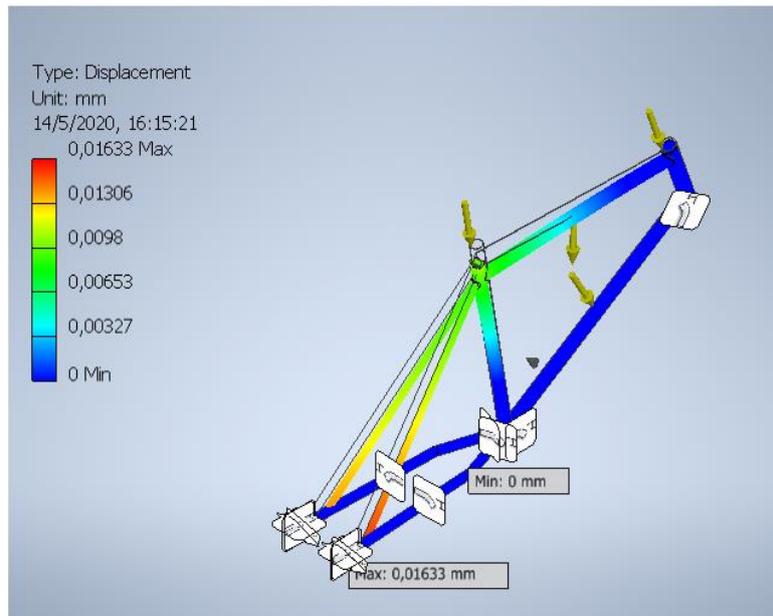


Figura 41. Desplazamiento principal. Tomado de: Autoría Propia.

La figura 39 muestra el factor de seguridad ya que es un punto importante y de este depende el bienestar del usuario dando como resultado un factor de seguridad de 15. Esto se considera beneficioso, ya que la estructura soporta 15 veces las cargas implementadas.

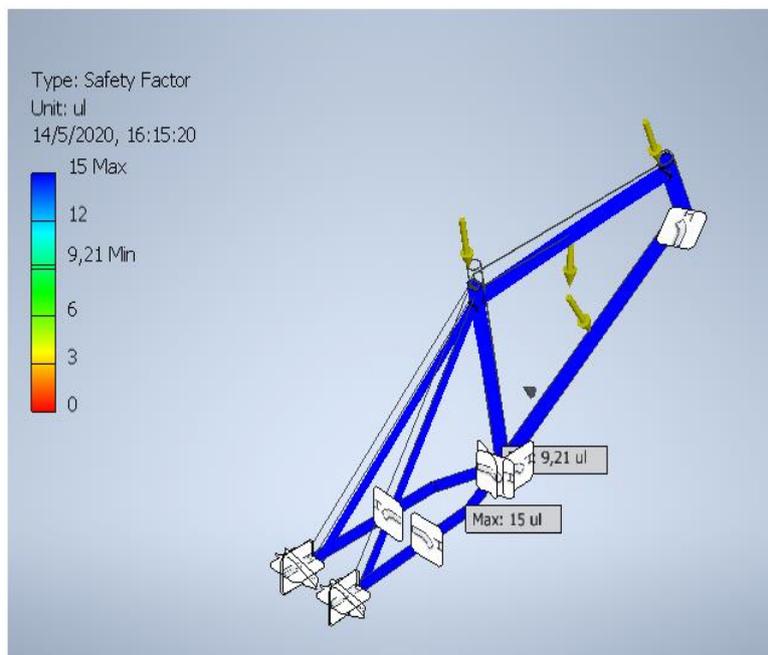


Figura 42. Factor de seguridad. Tomado de: Autoría Propia.

El esfuerzo principal es de 82.32 Mpa como lo muestra la figura 40, es mínimo considerando que el marco de la bicicleta este fabricado con un acero estructural A36 como lo especifica el fabricante y con una resistencia a la fluencia de 250 Mpa.

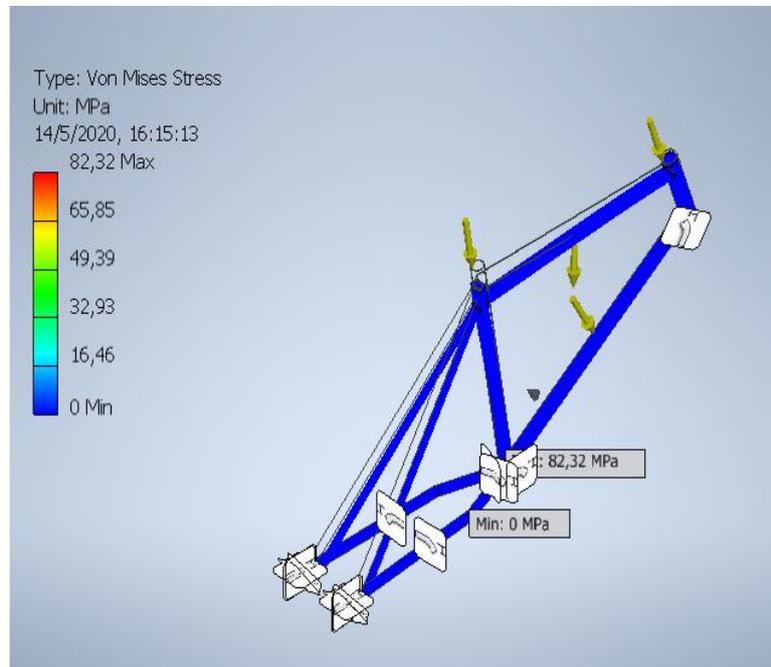


Figura 43. Esfuerzo principal. Tomado de: Autoría Propia.

### Diseño de detalle

La última etapa de este estudio es el diseño de detalle, el cual despliega todos los planos de construcción necesarios para la fabricación de las piezas del sistema de transmisión que serán implementadas en la bicicleta con motor de dos tiempos. Todos estos componentes mecánicos son incorporados conforme el espacio físico disponible ya que no debe existir alguna interferencia en la llanta posterior de la bicicleta y el mecanismo de la misma.

Dentro de esta etapa del estudio cabe recalcar los materiales usados y acabados superficiales para la fabricación de los componentes del sistema de transmisión como lo son las poleas dentadas fabricadas de aluminio y su acabado superficial obtenido por el maquinado de la fresa y el torno. El acople de motor este fabricado de acero A 36 con un acabado superficial galvanizado ya que con esto se evita la oxidación por consecuencia a exposición al ambiente. Finalmente, el empaque que sirve como

protección entre los radios de la bicicleta con la polea dentada está fabricado de caucho con las mismas dimensiones que el acople del motor.

Por último, los planos de conjunto del sistema y los planos de detalle de cada uno de los elementos se muestran en el anexo 2 con sus respectivas dimensiones, materiales y tolerancias.

### Construcción del prototipo.

Tabla 32

*Construcción del Prototipo*

---

Con el objetivo de implementar el motor de dos tiempos en la bicicleta se saca el piñón de fábrica y se reemplaza por la polea dentada diseñada en este estudio como se muestra en la figura 41.



Figura 44. Ensamble de polea dentada en el motor. Tomado de: Autoría Propia

Después de montar la polea dentada en el motor, a continuación, se ensambla la banda sincronizada 1270-5M como se muestra en la figura 42. Esta iniciativa se toma ya que con esto se evita desmontar después la tapa que sirve de protección a la polea incorporada al motor.



Figura 45. Ensamble de banda sincronizada. Tomado de: Autoría Propia

Teniendo en cuenta el espacio limitado que existe entre la llanta posterior y el marco, se ensambla la polea dentada a la llanta posterior mediante el acople diseñado y en empaque ya que este ayuda a mitigar algún daño que sufran los radios. Para su apriete se seleccionó los pernos adecuados ya



Figura 46. Ensamble de polea dentada

previamente calculados como lo muestra la figura 43.

Después de ensamblar la polea dentada de diámetro superior se procedió al montaje en conjunto del sistema de transmisión, verificando que no exista algún roce o interferencia que produzca alguna falla al momento de ser usada. Una vez montado todo el sistema se ajusta las tuercas las cuales dan apriete y dirección a la llanta posterior.

Por último, se presenta la implantación del motor de dos tiempos con el mecanismo de transmisión mediante banda sincronizada como se muestra en la siguiente figura.

llanta posterior. Tomado de: Autoría propia



Figura 47. Ensamble mecanismo de transmisión. Tomado de: Autoría Propia



Figura 48. Prototipo finalizado. Tomado de: Autoría Propia

---

Tabla 32. Pasos realizados para su ensamble. Autoría Propia

### Protocolo de pruebas

Para esta etapa del estudio fue probada experimentalmente la bicicleta de dos tiempos para verificar el funcionamiento y la existencia de fallas del mecanismo de transmisión de potencia por medio de banda sincronizada como lo muestra la figura 41. Para esto se obtuvo una tabla comparativa conseguir datos a diferentes velocidades considerando el tipo de calzada y factores de la misma por donde recorrió el vehículo. La tabla 32 muestra cómo se comportó mecánicamente el sistema de transmisión incorporado a la bicicleta en distancias de 1 km y velocidades progresivas de 10 km/h a 30 km/h.



Figura 49. Funcionamiento de la bicicleta con motor de dos tiempos. Tomado de: Autoría propia.

Tabla 33  
*Resultados obtenidos*

Distancia	Velocidad	Resultado
1 km	10 km/h	Se obtuvo un resultado favorable ya que el mecanismo respondió de manera óptima sin presentar peligro al usuario en el momento de transferir potencia del motor a la llanta posterior
1 km	20 km/h	Al alcanzar los 20 km/h se obtuvo un resultado conforme sin que existieran alteraciones al conducir
1 km	30 km/h	En la tercera etapa de la prueba se alcanzó los 30 km/h evidenciando aumento de vibración sin comprometer al marco de la bicicleta y tampoco al sistema de transmisión.

Tabla 34. Tabla de resultados. Autoría Propia

### Conclusiones

En el presente estudio se implementó un motor de dos tiempos con un mecanismo de transmisión de potencia que consta de dos poleas dantas, una banda sincronizada, un acople de la polea dentada acoplada a la llanta posterior, un empaque que sirve de amortiguador entre la llanta y la polea dentada. Con el cual se obtuvo una relación de transmisión de 3.9 con una eficiencia del 97 %.

Se desarrolló una metodología basada en el diseño concurrente para evaluar las necesidades del usuario mediante la casa de la calidad, prestando tres alternativas de diseño siendo evaluados por el método de criterios ponderados a fin de implementar el sistema de transmisión y motor de dos tiempos siendo el ganador el sistema de transmisión por banda sincronizada.

Gracias a la simulación mediante el software Inventor se obtuvo de manera virtual el prototipo del mecanismo ya que con esto se puede dimensionar y fabricar los elementos mecánicos que lo conforman.

Gracias a la simulación mediante el diseño asistido por computadora del marco de la bicicleta se puede evidenciar que las cargas agregadas no crean desplazamientos que comprometen la estabilidad estructural de la misma ya que se obtiene un factor de seguridad de 15 teniendo en cuenta que el fabricante para su manufactura uso un acero A36 el cual tiene un límite a la fluencia de 250 Mpa brindando confianza al usuario en su traslado.

En la fabricación y selección de los materiales del sistema de transmisión se tuvo en cuenta que los elementos que lo conforman se fabriquen en aluminio para las poleas dentadas y acero galvanizado para el acople del motor ya que van a operar bajo condiciones ambientales previniendo la oxidación y disminuyendo el peso incorporado a la bicicleta.

La implementación del motor de dos tiempos y el diseño del sistema de transmisión contestan a los requerimientos y necesidades del usuario. En este aspecto la implementación del motor y el sistema de transmisión son capaces de operar a una velocidad de 30 km/h y una potencia de 2HP.

Se desarrollo el protocolo de pruebas para evaluar tanto el trabajo realizado por el mecanismo y evaluar el comportamiento de la bicicleta al implementar el motor de dos tiempos ya que este provoca vibraciones.

### **Recomendaciones**

Al utilizar una banda sincronizada para trasferir potencia se recomienda se recomienda no exceder el tiempo útil de trabajo especificado por el fabricante ya que podría existir una rotura de la misma esto evita posibles percances al momento que este trabajando el sistema.

El espacio físico existente en la bicicleta es un puto que se debe tomar al momento ensamblar el mecanismo de transmisión y el motor de dos tiempos ya que se debe prevenir algún riesgo al momento que el usuario utilice el vehículo.

Para trabajar de mejor manera el sistema deberá tener un templador ya que trabajar de mejor manera evitando la desincronización de la banda. Por otra parte, se debe verificar el movimiento del tensor ya que la mala instalación podría desgastar de manera progresiva la banda de transmisión.

### **Trabajos futuros**

Los trabajos futuros se centran en el módulo mecánico ya que cumple la función de trasferir la potencia del motor a la llanta posterior de la bicicleta. Se debe realizar mejoras para disminuir las vibraciones en el mecanismo y la estructura de la bicicleta.

El marco de la bicicleta presenta mayor espacio ya que con esto se puede abarcar un motor que tenga mayores prestaciones y contribuya a aumentar la eficiencia del sistema al momento que el vehículo necesite mayor potencia y torque por consecuencia del relieve geográfico del medio donde transita.

Finalmente, el módulo de control se debe implementar un diseño que ayude a la manipulación del freno y embrague sin que exista confusión al monto de accionarlos. Es se da a fin de obtener un control que permita utilizar de mejor manera el espacio físico del manillar de la bicicleta sin incomodar al usuario.

### Referencias Bibliográficas

- Eidelman, L. García, O. C. (2013). Power transmission V-Belt's design and generation in SolidWorks by a Visual Basic application. *Revista Facultad de Ingeniería*, 22, 5. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-11292013000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292013000200004)
- Banerjee, M., Goswami, A., Das, A., & Sarkar, D. (2018). Design & Fabrication of Cardan Shaft Driven Two Wheeler Vehicle with constant velocity joint. *International Journal of Technology And Applied Engineering*, 1(1), 5. Retrieved from [www.ijtae.com](http://www.ijtae.com);
- BioBike. (2019). Los mejores motores para bicicleta eléctrica (2019). Retrieved November 13, 2019, from <https://www.biobike.es/2019/03/29/los-mejores-motores-para-bicicleta-electrica-2019/>
- Cascajosa, M. (2005). *Ingeniería de Vehículos (Alfaomega)*. Mexico D.F: Tébar Flores, S.L.
- Cortes, Mallco, Calderon, P. (2016, October). Estudio del Efecto Altura en un Sistema de Empaque de Baterías de Ion Litio. *EnerSOL*, 6. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/311273939\\_Estudio\\_del\\_Efecto\\_Altura\\_en\\_un\\_Sistema\\_de\\_Empaque\\_de\\_Baterias\\_de\\_Ion\\_Litio](https://www.researchgate.net/publication/311273939_Estudio_del_Efecto_Altura_en_un_Sistema_de_Empaque_de_Baterias_de_Ion_Litio)
- C. Waguespack. (2015). *Mastering Autodesk Inventor 2015 and Autodesk Inventor LT™ 2015* (P. Gaughan, Ed.). Indiana: SYBEX.
- ElectroBike. (2019a). Bicicletas Eléctricas – ElectroBike Ecuador. Retrieved December 4, 2019, from <https://www.electrobike.com.ec/categoria-producto/bicicletas-electricas/>
- Enrique Miñarro. (2011). Bicicleta Plegable. Retrieved from <https://repositorioinstitucional.ceu.es/handle/10637/4796>
- Escudero, S. (2009). *Motores* (Carmen Lara Carmona, Ed.). Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioseksp/reader.action?docID=3195396&ppg=1&query=motores>

- Esteban Dominguez, J. F. (2012). Sistemas de transmisión y frenado (Editex). Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IOLEAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=transmisión+de+cadena&ots=rRuQm1-UB1&sig=j9ZDubeMPpOb\\_FqYSbVNDgxH3Es#v=onepage&q=transmisión de cadena&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IOLEAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=transmisión+de+cadena&ots=rRuQm1-UB1&sig=j9ZDubeMPpOb_FqYSbVNDgxH3Es#v=onepage&q=transmisión+de+cadena&f=false)
- F. Beer, R. Johnston, J. Dewolf, D. M. (2007). Mecánica de Materiales (McGraw-Hil; Jesús Molina, Ed.). Mexico D.F: McGraw-Hil.
- Hernández-Dávila, E., Cajamarca-Villa, J., Cacuango-Eugenio, L., & López-Pérez, V. (2018). Estimación empírica del pretensado de una banda trapezoidal mediante el deslizamiento de las poleas. *Ingenius*, (21), 63–70. <https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.06>
- Huang, Y. C., & Huang, T. S. (2018). A Study for Adjustable Riding Position of the Innovation Bicycle Design. *Journal of Physics: Conference Series*, 989(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/989/1/012012>
- J.Valencia. (2018). Análisis del comportamiento de un motor Eléctrico adaptado a una motocicleta bajo características de torque, Potencia y Velocidad Nota. Retrieved from [http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2871/1/Andrés Valencia Tesis Final.pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2871/1/Andrés+Valencia+Tesis+Final.pdf)
- Jason Industrial. (2020). Home - Jason Industrial. Retrieved March 12, 2020, from 1 website: <https://www.jasonindustrial.com/>
- Juan F. Hoyos, Andrés F. Montoya, Andrés E. Diez, J. A. B. (2013). INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y PROTOTIPO DE UNA BICICLETA ELÉCTRICA Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN BATERÍAS □ Hoyos Mesa Revista Investigaciones Aplicadas. 11. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/267324789\\_INVESTIGACION\\_DISEÑO\\_Y\\_PROTOTIPO\\_DE\\_UNA\\_BICICLETA\\_ELECTRICA\\_Y\\_TECNOLOGIAS\\_EMERGENTES\\_EN\\_BATERIAS](https://www.researchgate.net/publication/267324789_INVESTIGACION_DISEÑO_Y_PROTOTIPO_DE_UNA_BICICLETA_ELECTRICA_Y_TECNOLOGIAS_EMERGENTES_EN_BATERIAS)
- K. Mohammed, M. Mohd, M. Mohammed, S. Ansari, Z. K. (2019). Motorized Bicycle. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering*

- Technology, 7(3), 1412–1414. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.3259>
- Martínez, E. (2018). Estudio y optimización del comportamiento mecánico de una transmisión tipo Cardan de una motocicleta (Universidad de Jaen). Retrieved from <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/9198>
- Melissa Bopp, Dangaia Sims, D. P. (2017). La bicicleta : Una Historia Social y Tecnológico. 1–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812642-4/00001-5>
- Motores Golden. (2016). Motor de 2 tiempos. Retrieved May 7, 2020, from <http://www.motorbici.com/>
- Movilidad, S. de. (2014). DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO PARA EL PLAN METROPOLITANO DE DESARROLLO TERRITORIAL ( PMOT ). Retrieved from <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>
- Nils Aguilar Asesor. (2019). Construcción, ensamblaje y pruebas de motor neumático. Retrieved from [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4120/IME\\_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4120/IME_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Norton, R. L. (2009). Diseño de Maquinaria (McGRAW Hil; M. Toledo, Ed.). Mexico.
- Ortiz, J. F. B. (2018). UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías.
- Payri, F., & Desantes, J. (2011). Motores de combustión interna alternativos (Quinta). Retrieved from [www.reverte.com](http://www.reverte.com)
- Pinto Alvaro, N., Fuentes, F., & Alcivar, D. (2015). La situación de la bicicleta en Ecuador: avances, retos y perspectivas. Quito.
- R. Budynas, K. N. (2008). Diseño Shigley-8Th (octava). Mexico D.F: McGraw-Hill.
- Riba, C. (2002). Diseño concurrente. In Ediciones UPC, España (Edicions U).
- Rodríguez, A. F. (2019). CIBERACTIVISMO, ACCIÓN COLECTIVA Y MOVILIDAD EN BICICLETA. Una etnografía virtual en Quito. Antropología

Experimental, 8(19), 49. <https://doi.org/10.17561/rae.v19.05>

RUSSELL, J. (2016). Automóvil de aire comprimido - EcuRed. Retrieved November 12, 2019, from [https://www.ecured.cu/Automóvil\\_de\\_aire\\_comprimido](https://www.ecured.cu/Automóvil_de_aire_comprimido)

Salmeron-Manzano, E., & Manzano-Agugliaro, F. (2018). The electric bicycle: Worldwide research trends. *Energies*, Vol. 11. <https://doi.org/10.3390/en11071894>

Sandoval, J. B. (2014). Diseño de etapa de potencia y control para un motor brushless de CD con frenado regenerativo aplicado a una moto deportiva eléctrica. Retrieved from [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Diseño+de+etapa+de+potencia+y+control+para+un+motor+brushless+de+CD+con+frenado+regenerativo+aplicado+a+una+moto+deportiva+eléctrica+pdf&btnG=#d=gs\\_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AM\\_XIwVqa3rcJ%3Ascholar](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Diseño+de+etapa+de+potencia+y+control+para+un+motor+brushless+de+CD+con+frenado+regenerativo+aplicado+a+una+moto+deportiva+eléctrica+pdf&btnG=#d=gs_cit&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AM_XIwVqa3rcJ%3Ascholar)

Silvente Ortega, A. (2006). Bicicleta y movilidad sostenible. *Eubacteria*, (17), 30–31.

Solé, A. C. (2011). Neumática e Hidráulica / Antonio Creus Solé (Alfaomega). Retrieved from [http://bibliosek.uisek.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=7587&tab=opac](http://bibliosek.uisek.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=7587&tab=opac)

Valeria Díaz. (2017). Informe de la calidad de aire-2016. 55.

## Anexos

### Anexo 1: Resultados de simulación inventor

Marco de la bicicleta



Archivo Analizado:	Assembly1.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2020 (compilación 240168000, 168)
Fecha de creación:	14/5/2020, 16:15
Autor del estudio:	usuario
Resumen:	

#### ☐ Información del proyecto (iProperties)

##### ☐ Resumen

Autor usuario

##### ☐ Proyecto

Numero de parte	Asamblea1
Diseñador	usuario
Costo	\$ 0,00
fecha de creacion	16/4/2020

##### ☐ Estado

Estado de diseño Trabajo en progreso

##### ☐ Físico

Masa	6,00653 kg
Zona	460879 mm ^ 2
Volumen	765410 mm ^ 3
Centro de gravedad	x = -214,111 mm y = -16,2093 mm z = 0,2706 mm

☐ **Análisis estático: 1**

**Objetivo general y configuración:**

Objetivo de diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de última modificación	14/5/2020, 16:14
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Tensiones separadas en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

**Configuraciones de malla:**

Media Tamaño del elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Min. Tamaño del elemento (fracción del tamaño promedio)	0,2
Factor de calificación	1,5
Max. Ángulo de giro	60 grados
Crear elementos de malla curva	No
Usar medidas basadas en piezas para la malla de ensamblaje	si

file:///C:/Users/usuario/Desktop/Assembly1.iam Stress Analysis Report 16\_4\_2020.html

17/5/2020

bicicleta simulacion

☐ **Material (es)**

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g / cm <sup>3</sup>
	Fuerza de rendimiento	248,225 MPa
	Resistencia a la tracción	399,9 MPa
Estrés	El módulo de Young	199,959 GPa
	El coeficiente de Poisson	0,3 ul
	Módulo de corte	76,9073 GPa
Nombre (s) de parte	marco de la dfd.ipt Esqueleto 1587597034276.ipt ISO 20 ISO 20 ISO 20 ISO 20 ISO 16 ISO 16	

### Condiciones de operación

#### 3 Fuerza: 1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	420,000 N
Vector X	72,932 N
Vector Y	-413,619 N
Vector z	0,000 N

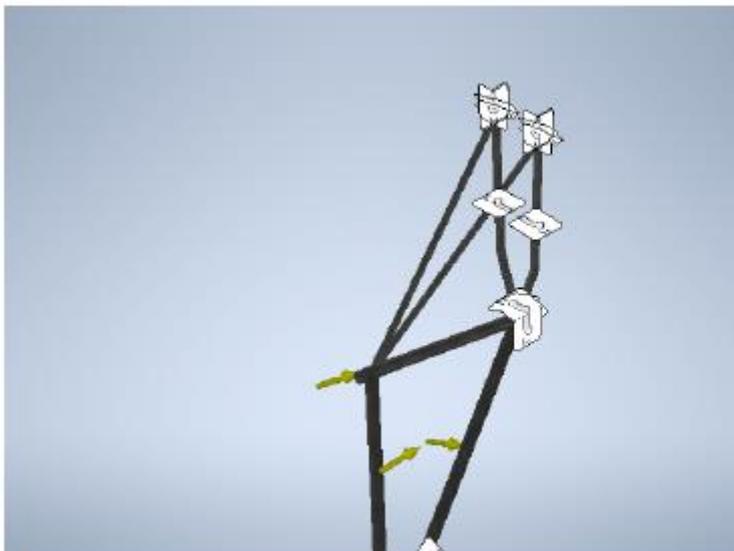
#### ☐ Rostros seleccionados



1 Fuerza: 2

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	286,000 N
Vector X	97,818 N
Vector Y	-268,752 N
Vector z	0,000 N

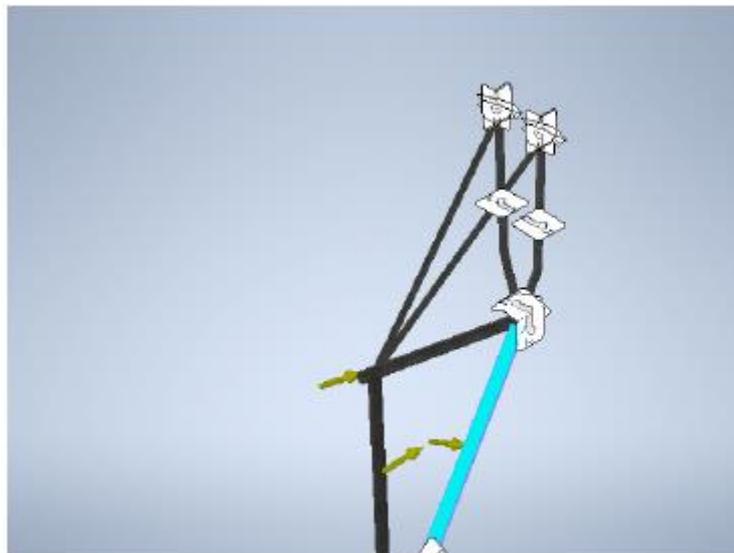
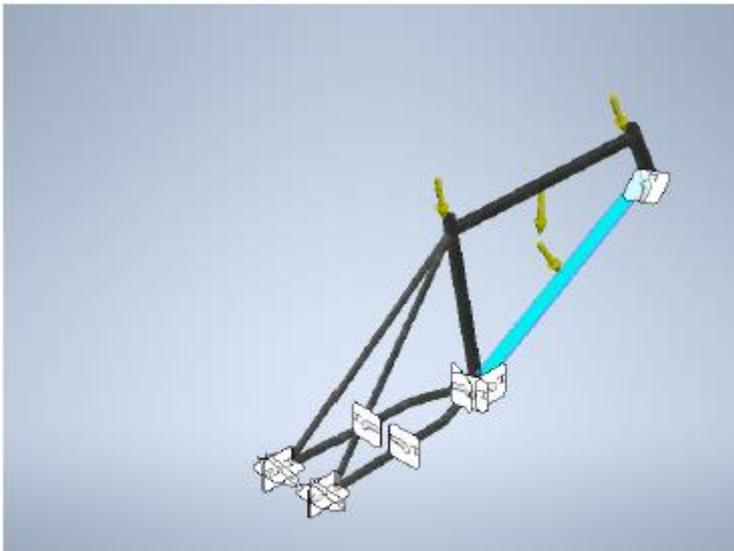
☐ Rostros seleccionados



3 Fuerza: 3

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	98,000 N
Vector X	-84,870 N
Vector Y	-49,000 N
Vector z	0,000 N

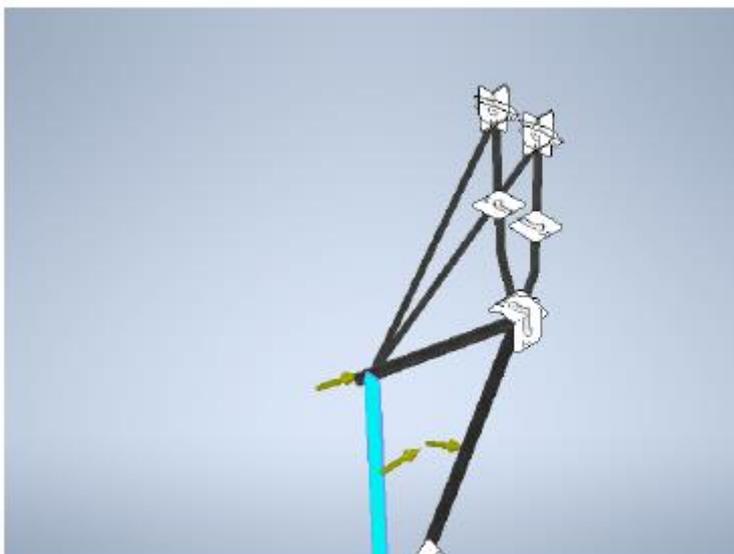
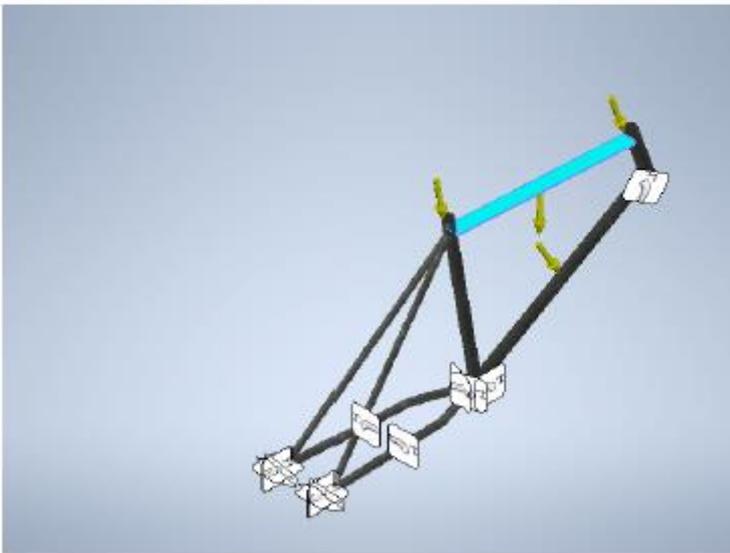
Rostros seleccionados



☐ **Fuerza: 4**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	19,600 N
Vector X	-19,576 N
Vector Y	0,973 N
Vector z	0,000 N

☐ **Rostros seleccionados**



☐ **Restricción fija: 2**

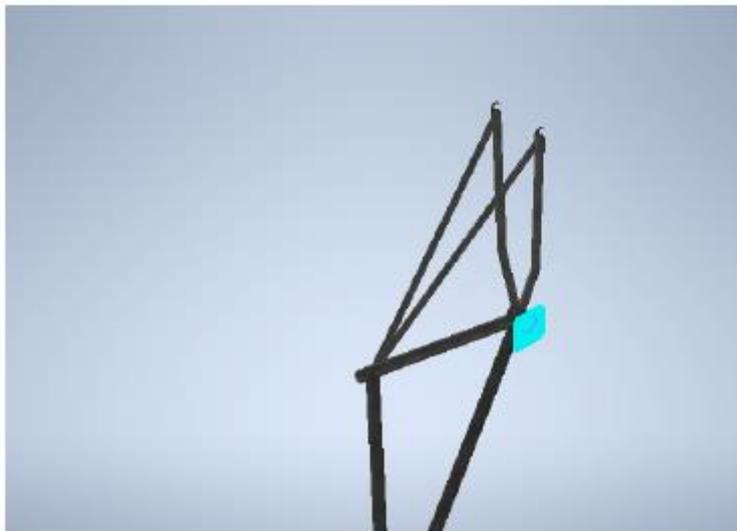
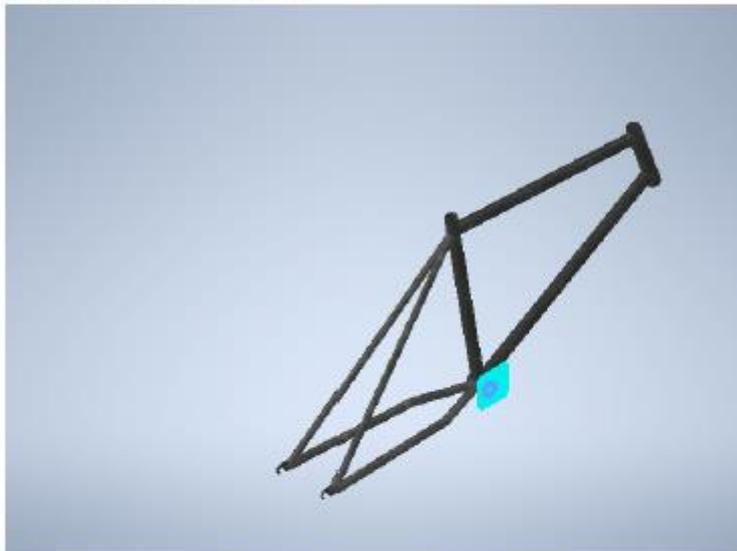
C:/Users/usuario/Desktop/Assembly1.iam Stress Analysis Report 16\_4\_2020.html

2020

bicicleta simula

Tipo de restricción Restricción fija

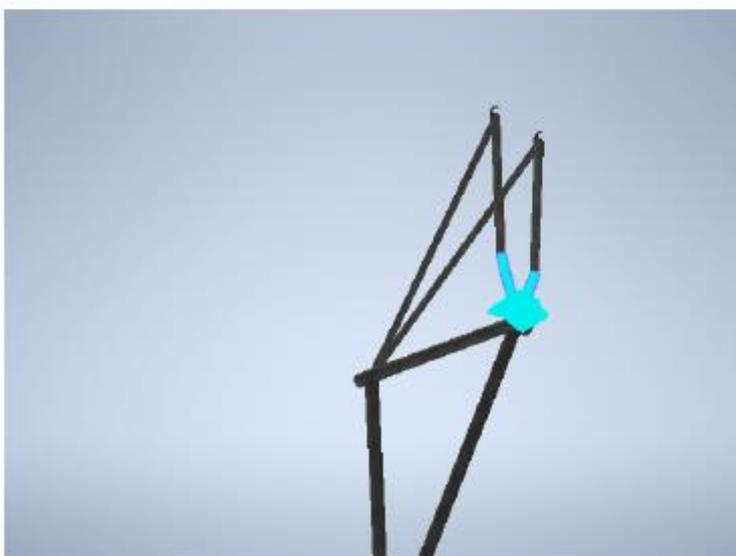
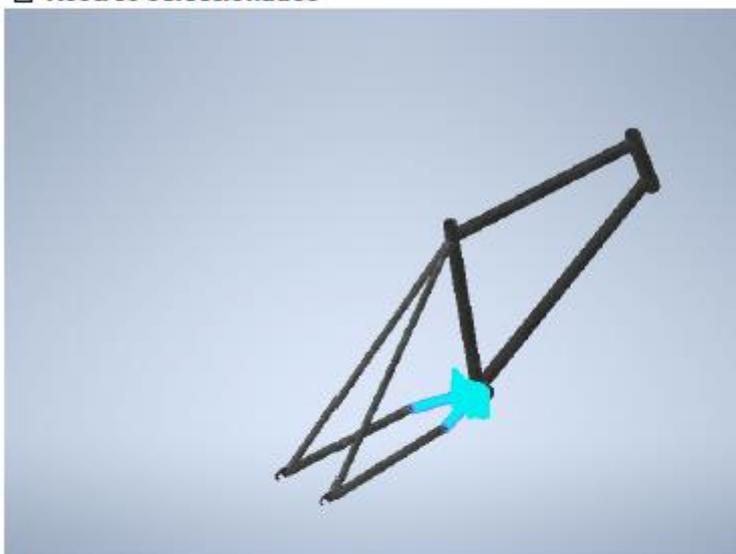
☐ **Rostros seleccionados**



☐ **Restricción fija: 3**

Tipo de restricción Restricción fija

☐ **Rostros seleccionados**



**| Contactos (unidos)**

Nombre	Nombre (s) de parte
Unido: 1	marco de la dfd: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 1
Unido: 2	marco de la dfd: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 1
Unido: 3	marco de la dfd: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 4
Unido: 4	marco de la dfd: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 4
Unido: 5	Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 3 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 4
En condiciones de servidumbre: 6	Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 2
En condiciones de servidumbre: 7	Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 2
En condiciones de servidumbre: 8	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 1
En condiciones de servidumbre: 9	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 10	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 1
En condiciones de servidumbre: 11	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 2
En condiciones de servidumbre: 12	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 16	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 16: 2
En condiciones de servidumbre: 21	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 3
En condiciones de servidumbre: 22	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 23	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 3
En condiciones de servidumbre: 24	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 2
En condiciones de servidumbre: 25	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 2
En condiciones de servidumbre: 26	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 27	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 28	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 29	_Weldbead: 1 marco de la dfd: 1
En condiciones de servidumbre: 30	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 2
En condiciones de servidumbre: 31	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 3
En condiciones de servidumbre: 32	_Weldbead: 1 Marco 1587597034275: 1 / ISO 20: 3

## Resultados

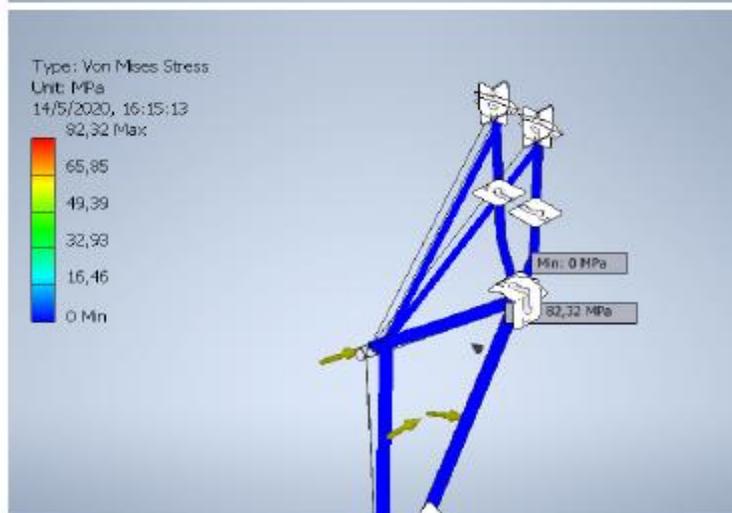
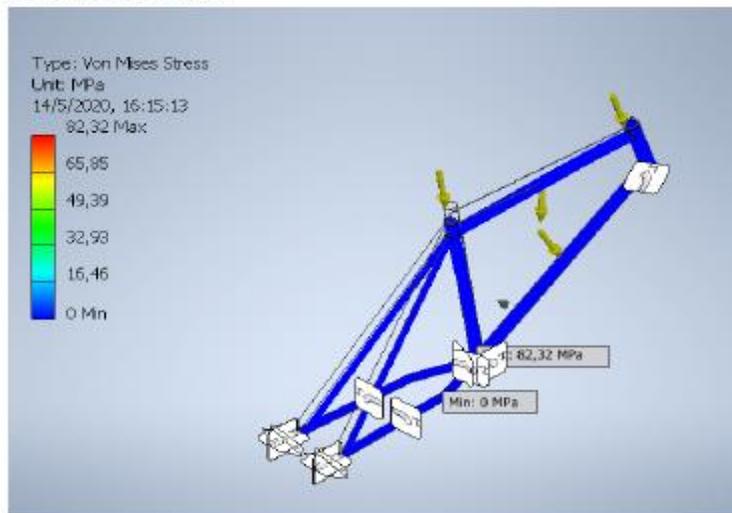
### 1 Fuerza de reacción y momento sobre restricciones

Nombre de restricción	Fuerza de reacción		Momento de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija: 1	286,261 N	-101.123 N	253.121 N m	0 N m
		267,805 N		0 N m
		0 N		253.121 N m
Restricción fija: 2	195,691 N	-56,7801 N	5,5112 N m	4.21594 N m
		185,668 N		1,18529 N m
		-24,4623 N		3,34578 N m
Restricción fija: 3	230,678 N	-12,8572 N	13,7478 N m	1,17332 N m
		229,022 N		-1,34217 N m
		24,4069 N		13,6317 N m

### 3 Resumen de los resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	765349 mm ^ 3	
Masa	6,00605 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	82,3169 MPa
1er estrés principal	-7,15349 MPa	69,4945 MPa
Tercer estrés principal	-62,1797 MPa	3,16485 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0163261 mm
Factor de seguridad	9,20831 ul	15 ul
Estrés XX	-50,5621 MPa	43,3494 MPa
Estrés XY	-19,1693 MPa	40,2767 MPa
Estrés XZ	-26,0286 MPa	8,3632 MPa
Estrés YY	-26,088 MPa	14,8077 MPa
Estrés YZ	-10,9597 MPa	25,5725 MPa
Estrés ZZ	-22,2655 MPa	31,5324 MPa
X desplazamiento	-0,00101837 mm	0,00415921 mm
Desplazamiento	-0,0154219 mm	0,00000428788 mm
Desplazamiento Z	-0,00358899 mm	0,00165384 mm
Cepa equivalente	0 ul	0,000598786 ul
1ra cepa principal	-0,000000181822 ul	0,000607182 ul
Tercera cepa principal	-0,0004467 ul	0,000000104906 ul
Cepa XX	-0,000321365 ul	0,000295455 ul
Cepa XY	-0,000206805 ul	0,00043452 ul
Strain XZ	-0,000280807 ul	0,0000902254 ul
Colar YY	-0,000286158 ul	0,000130956 ul
Cepa YZ	-0,000118238 ul	0,000275886 ul
Strain ZZ	-0,000128828 ul	0,000203012 ul
Presión de contacto	0 MPa	26,2611 MPa
Presión de contacto X	-13,9944 MPa	25,6097 MPa
Presión de contacto Y	-9,69073 MPa	11,3291 MPa
Presión de contacto Z	-12,3517 MPa	8,4112 MPa

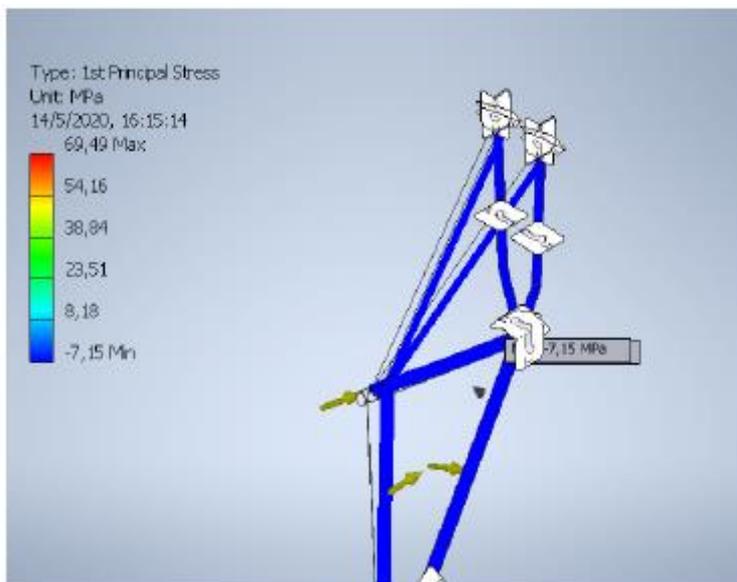
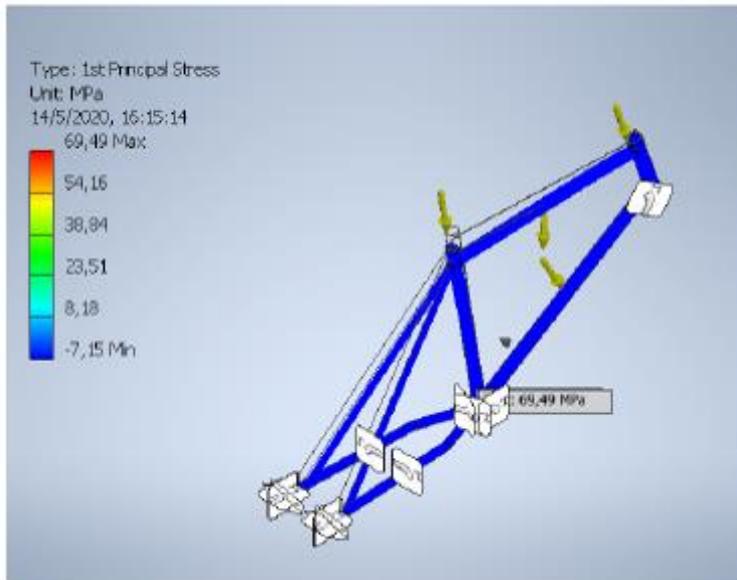
☐ Von Mises Stress



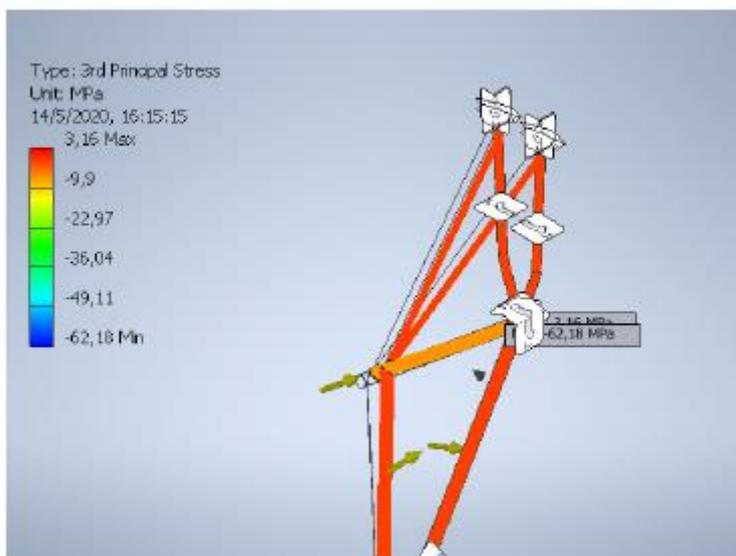
3 1er estrés principal

20

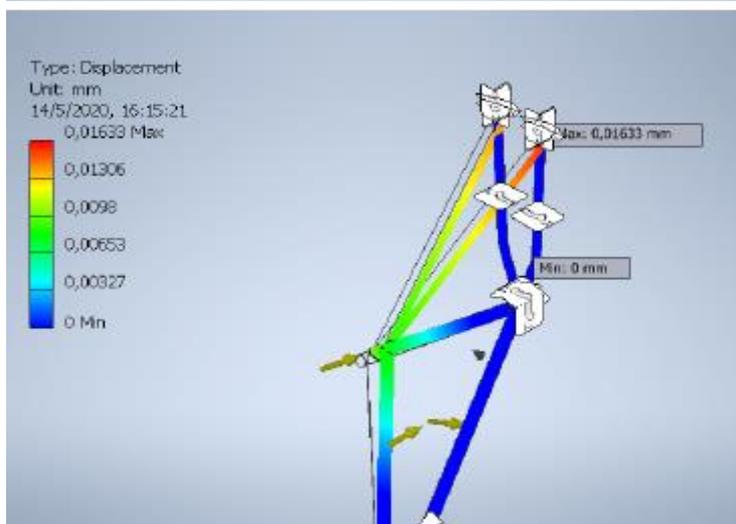
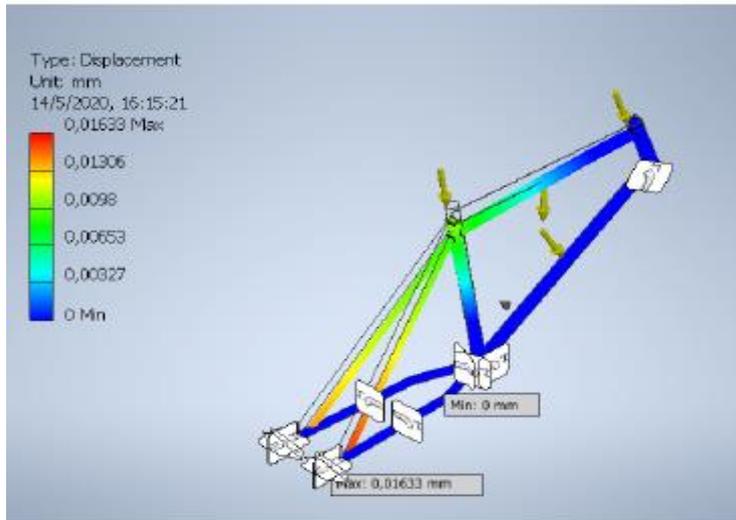
bicicleta simulacik



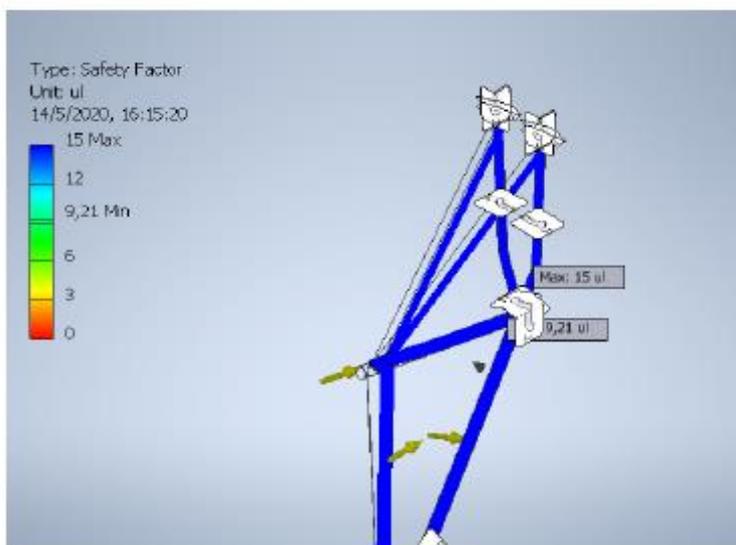
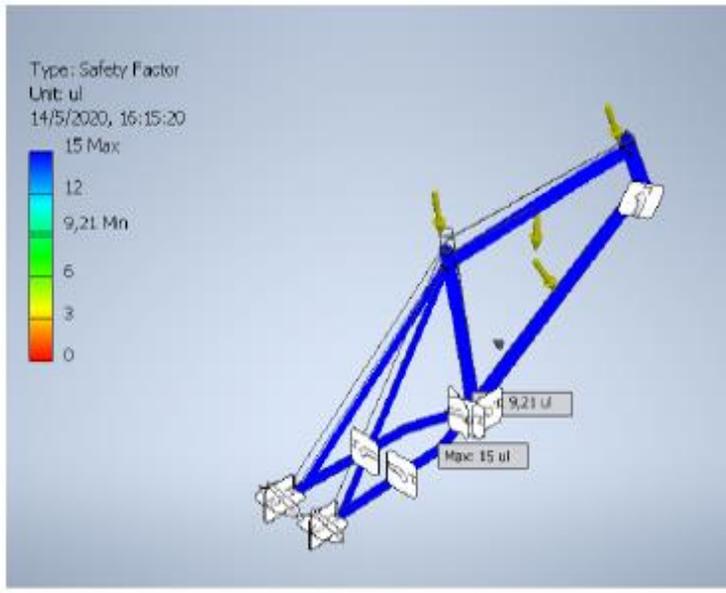
☐ Tercer estrés principal



3 Desplazamiento

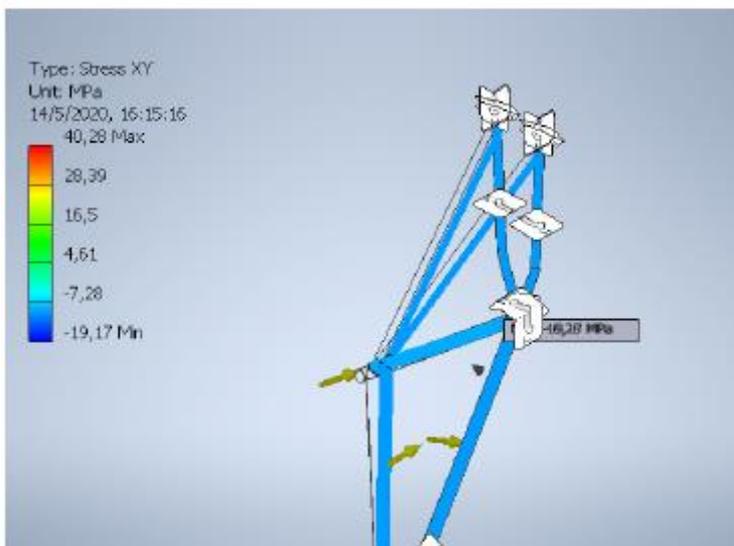
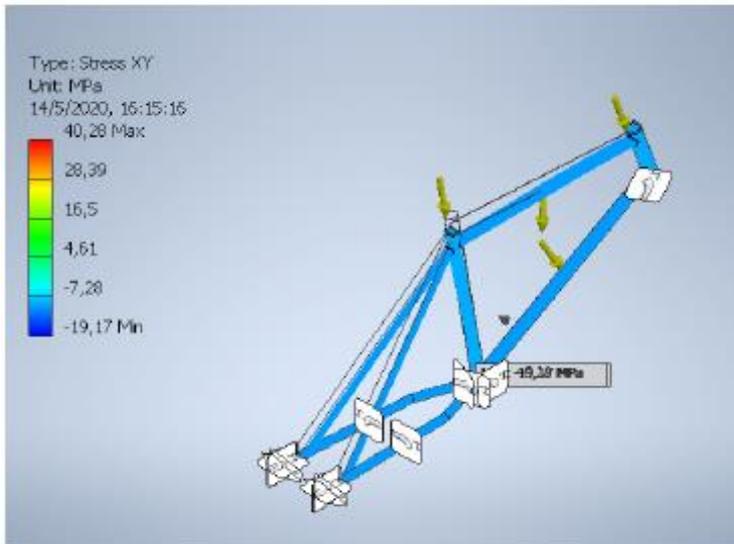


Factor de seguridad

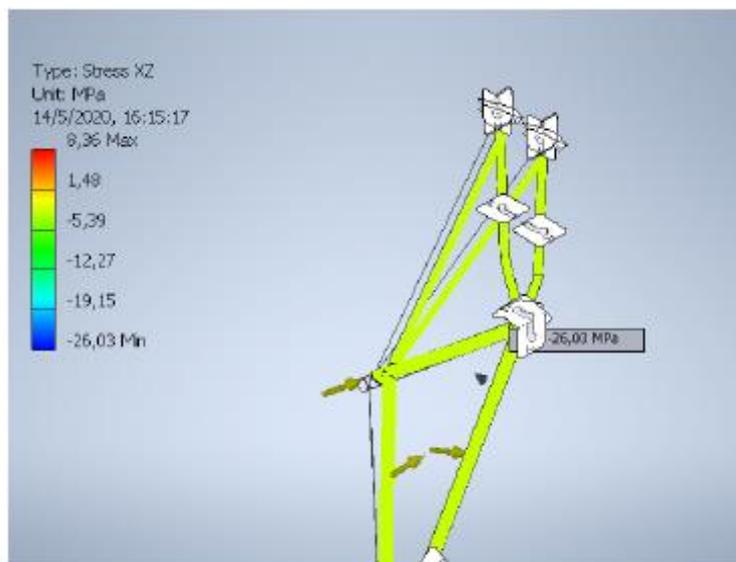
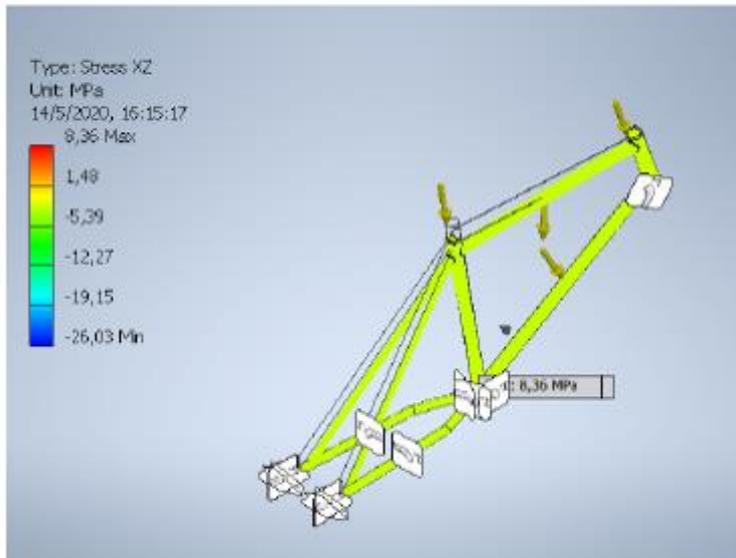




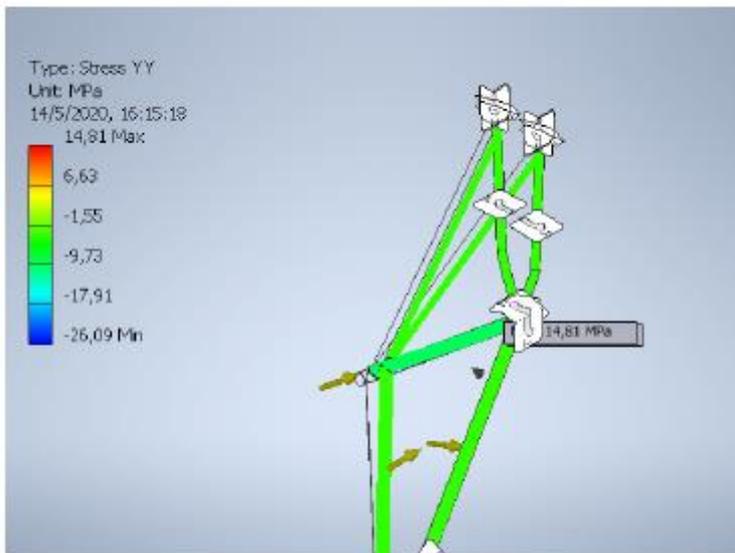
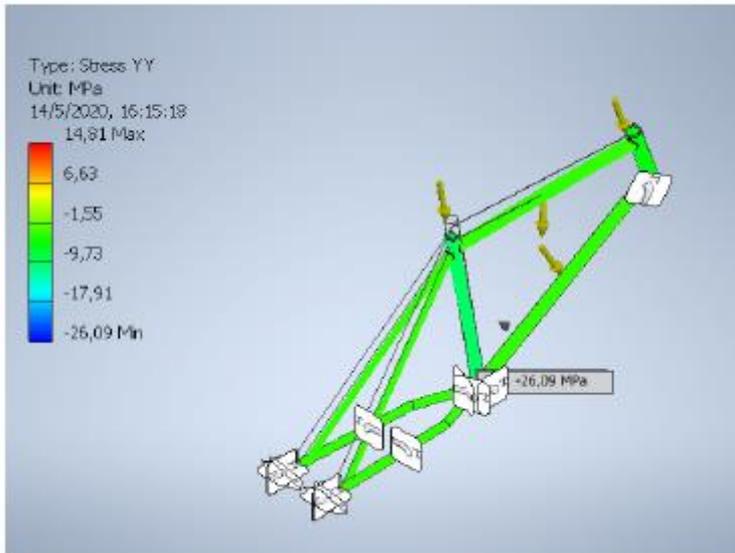
☰ Estrés XY



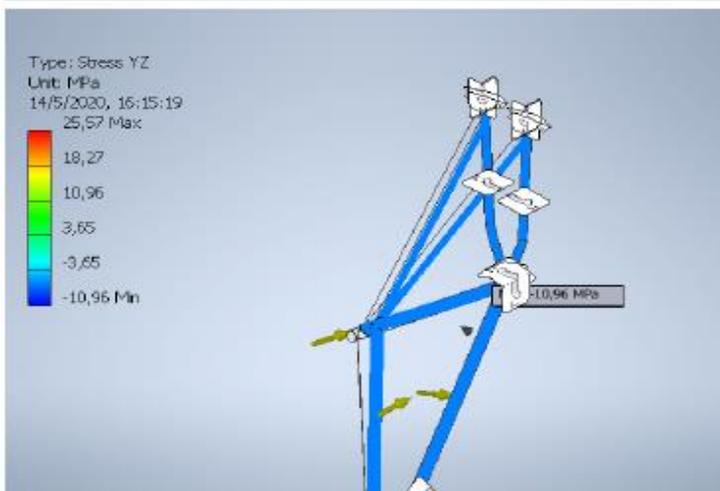
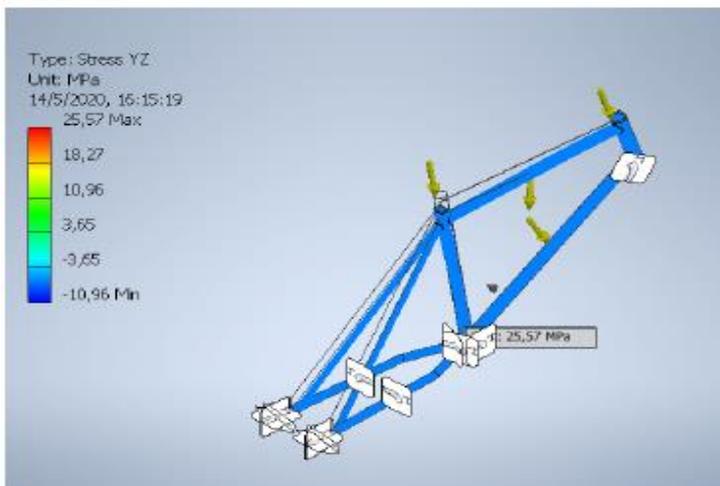
☐ Estrés XZ



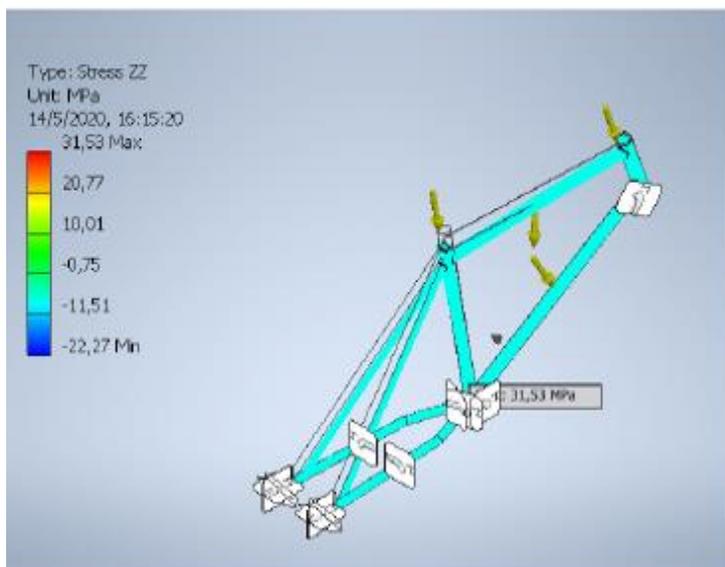
☐ Estrés YY



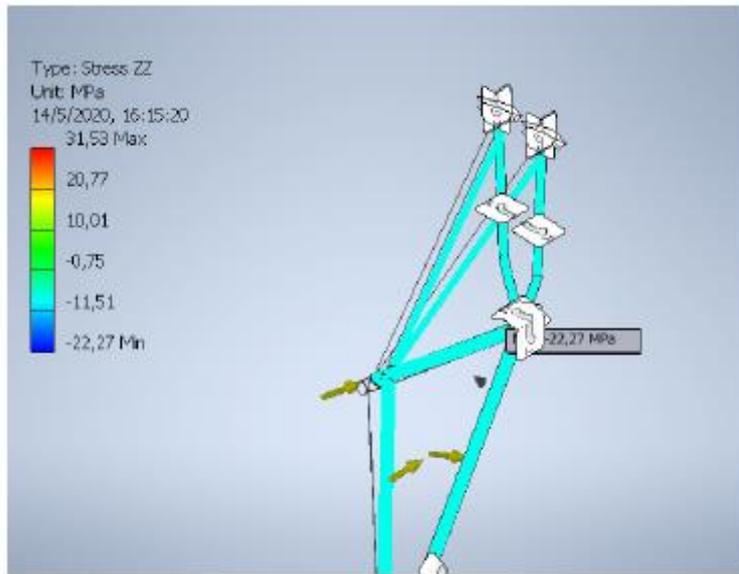
▢ Estrés YZ



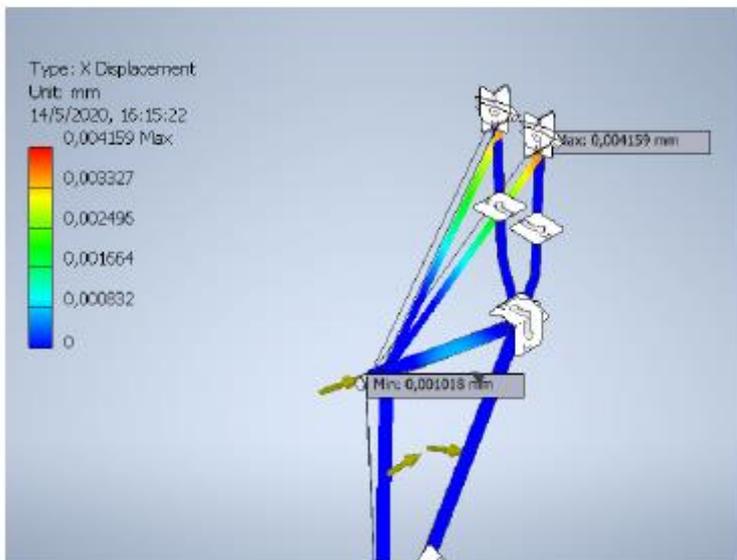
▢ Estrés ZZ



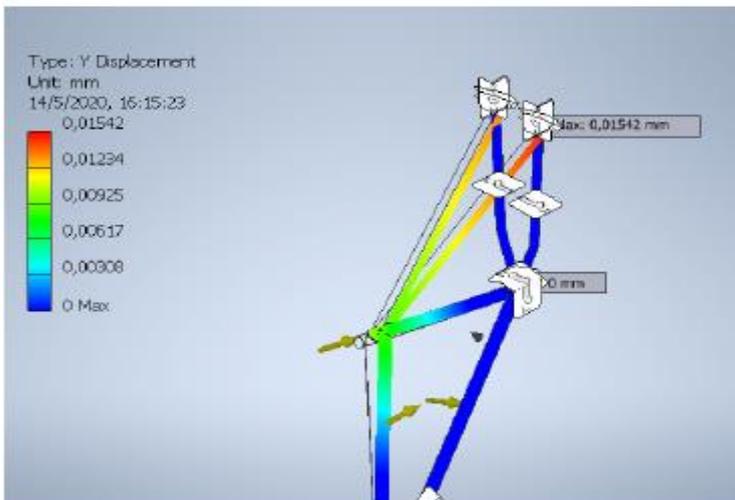
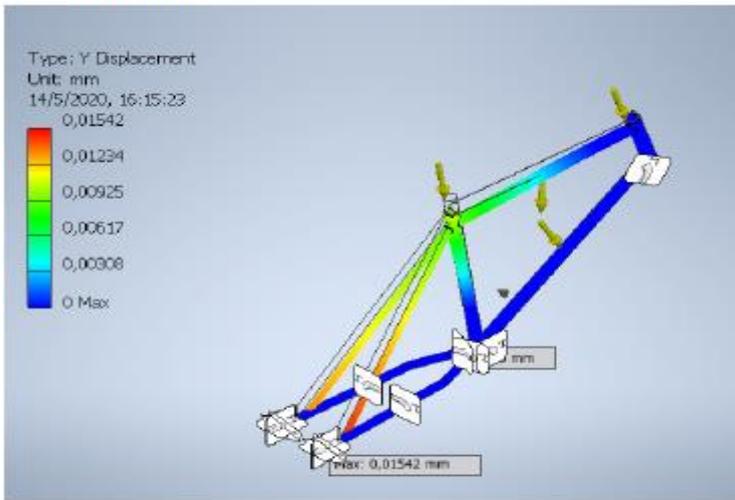
# MECANISMO PARA ADAPTAR UN MOTOR DE DOS TIEMPOS A UNA BICICLETA



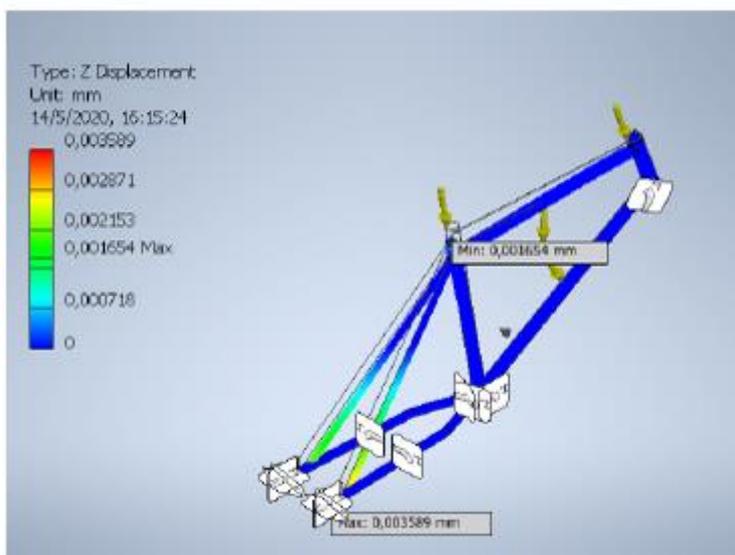
☐ X desplazamiento

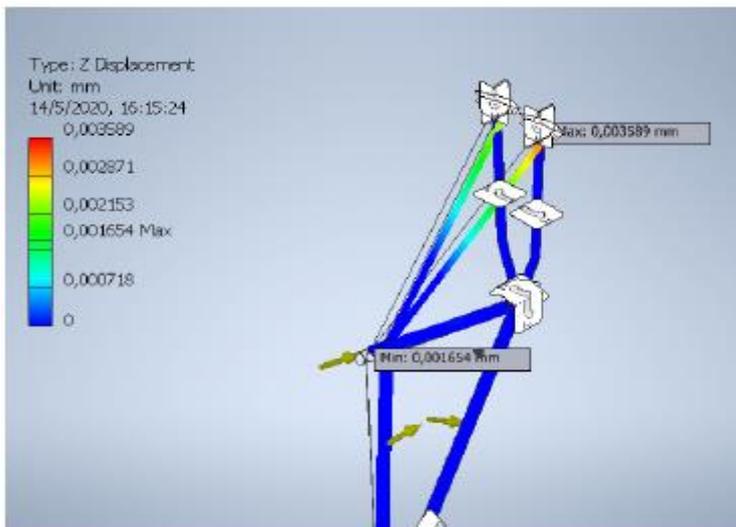


3 Desplazamiento

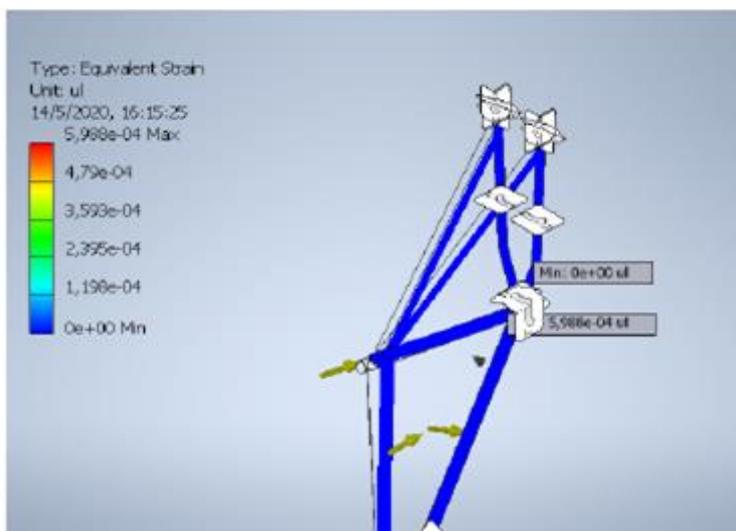
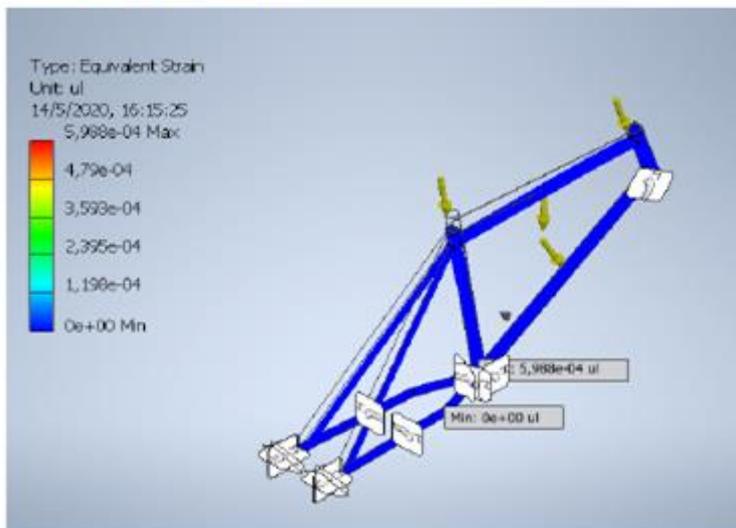


3 Desplazamiento Z

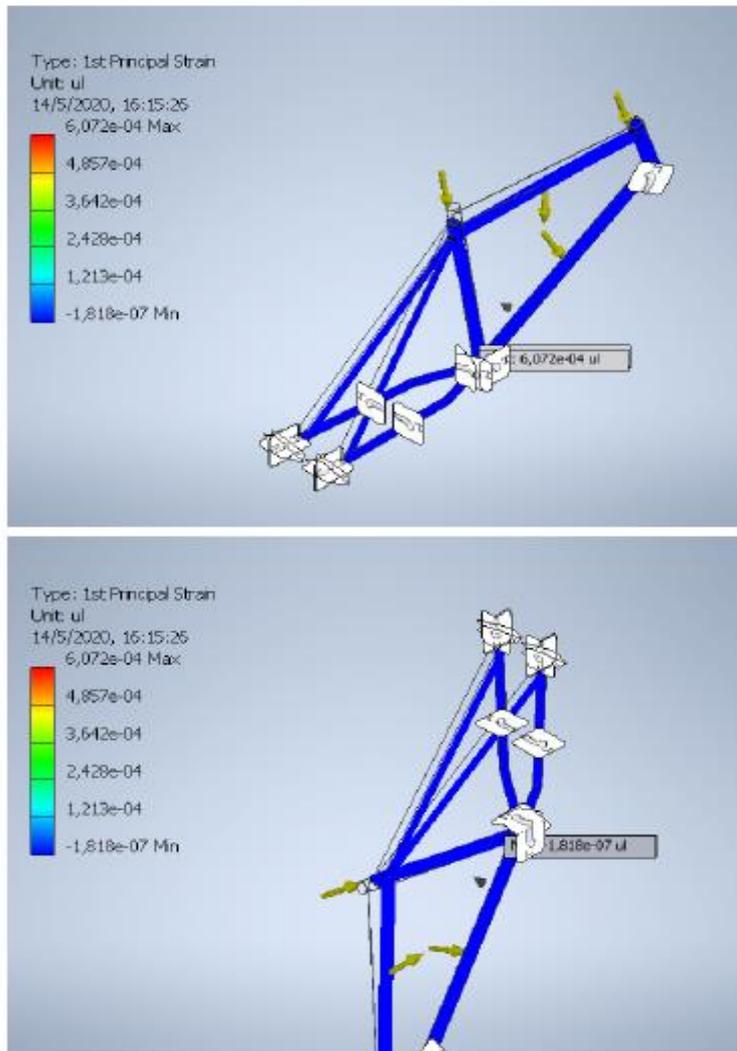




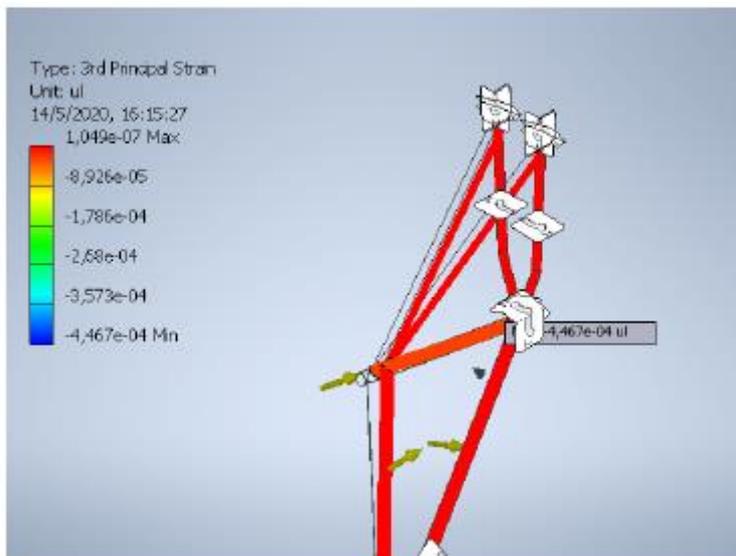
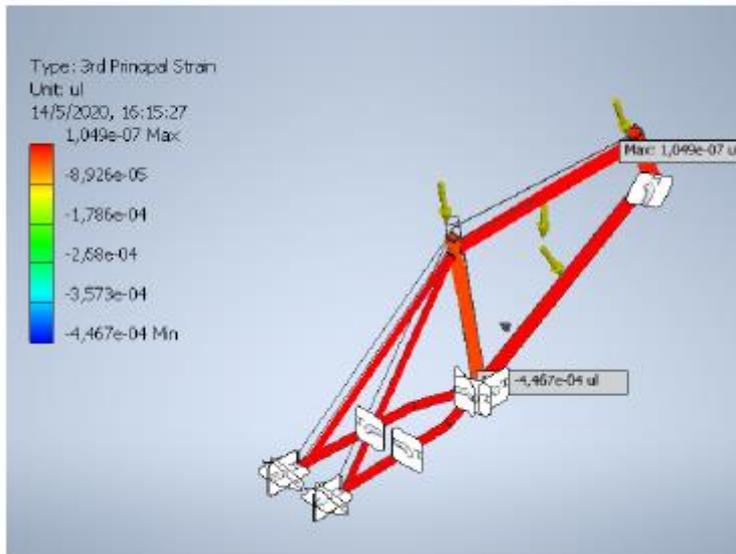
### Estrés Equivalente



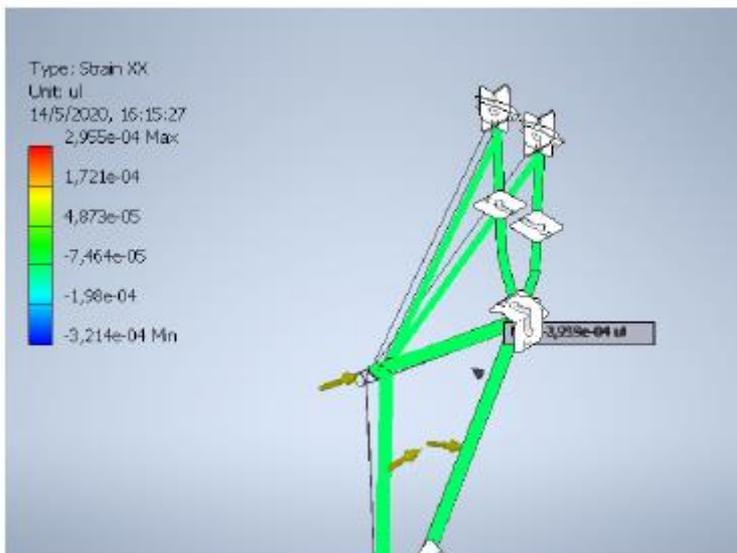
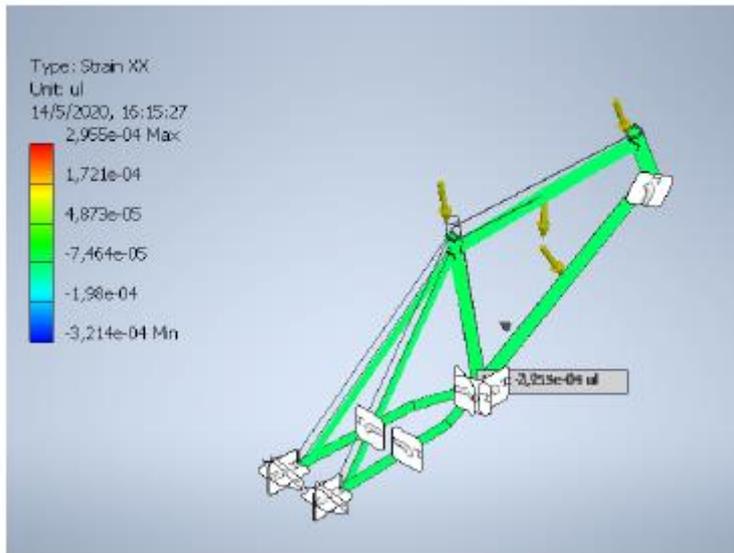
### 1era Principal Estrés



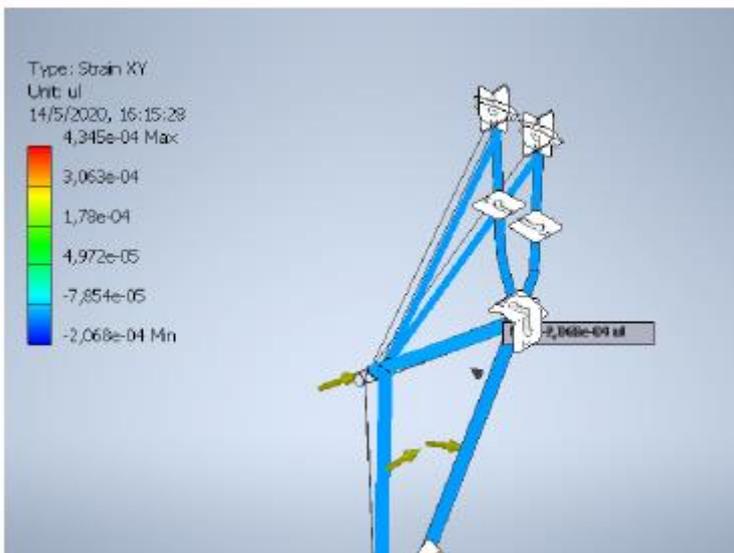
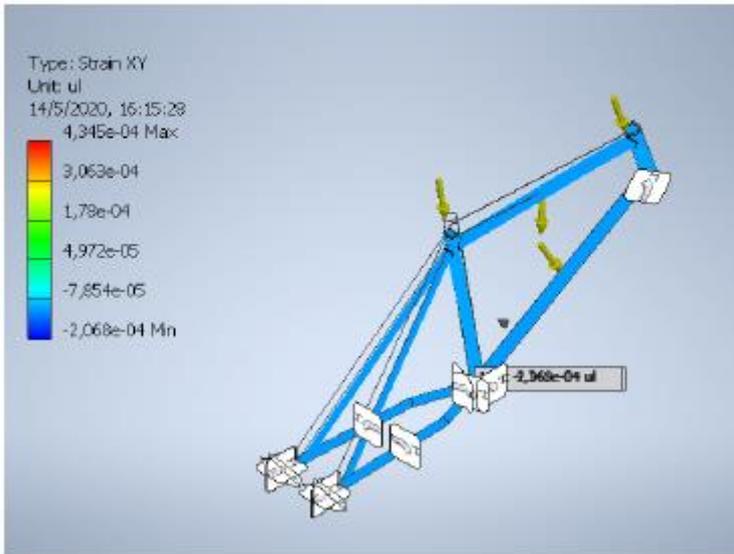
### 3era Principal Estrés



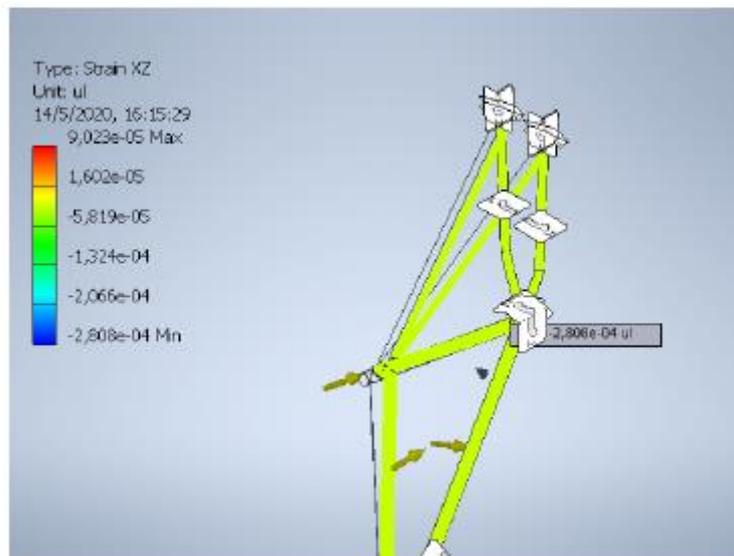
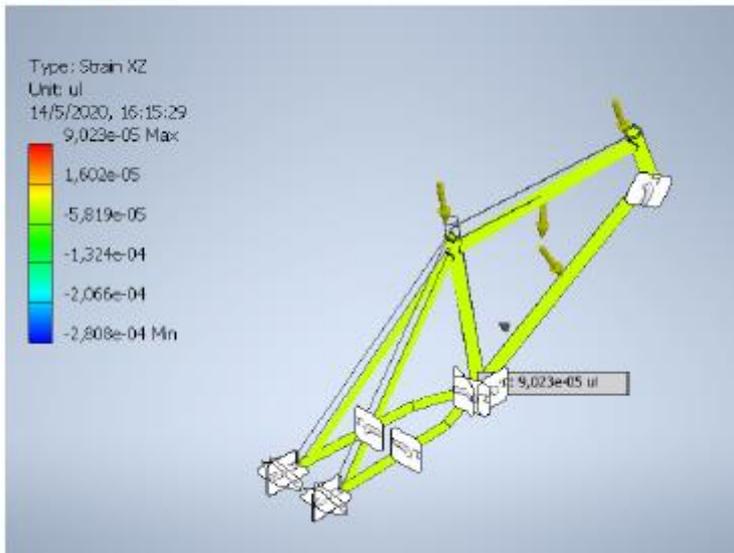
**Estres XX**



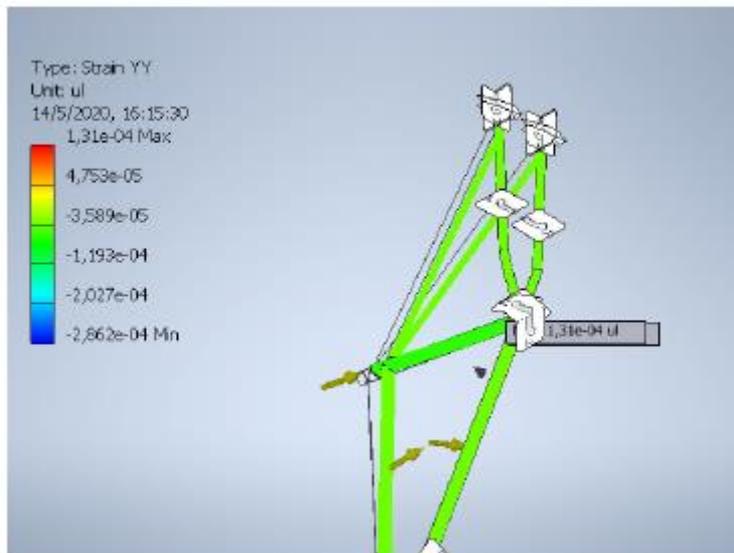
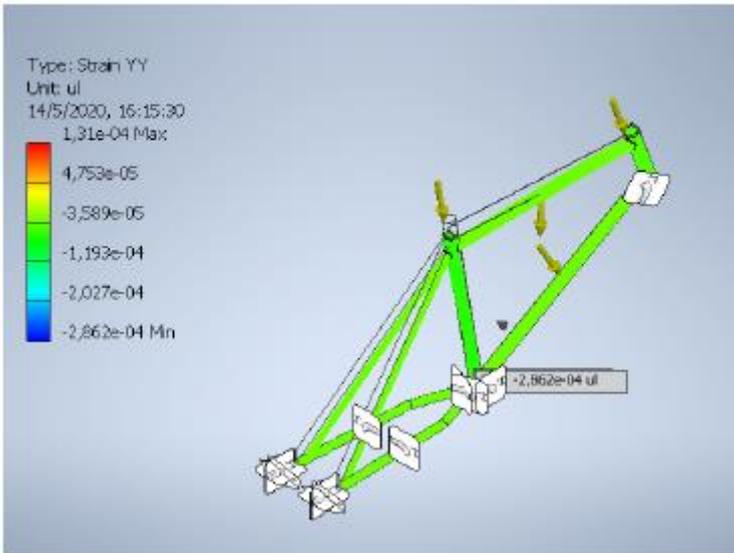
**Estrés XY**



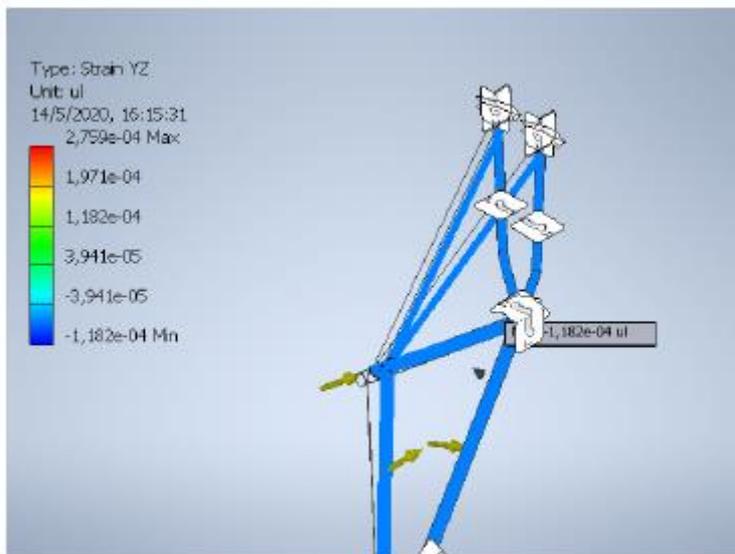
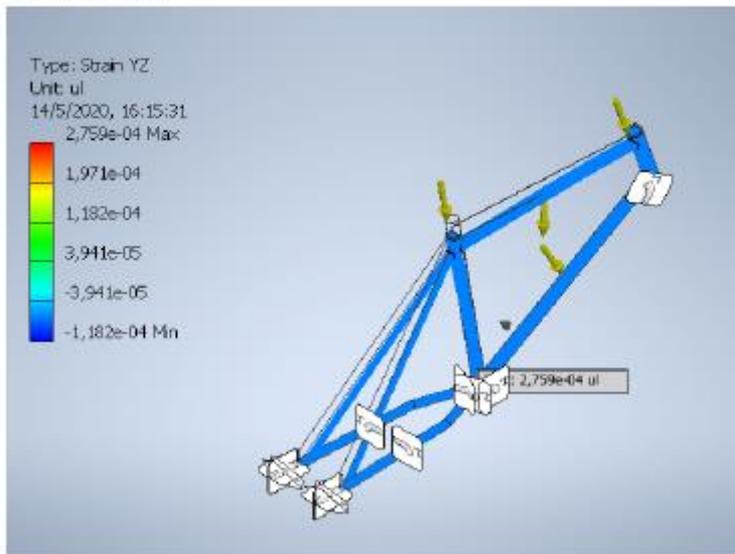
### Estrés XZ



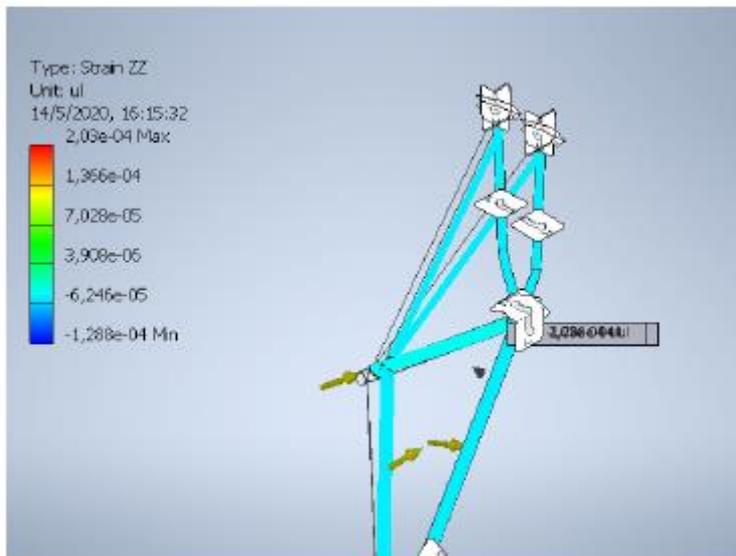
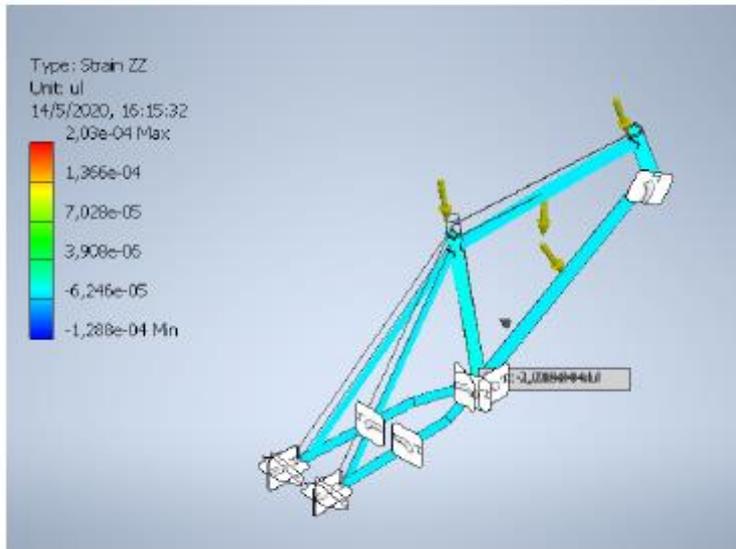
### Estrés YY



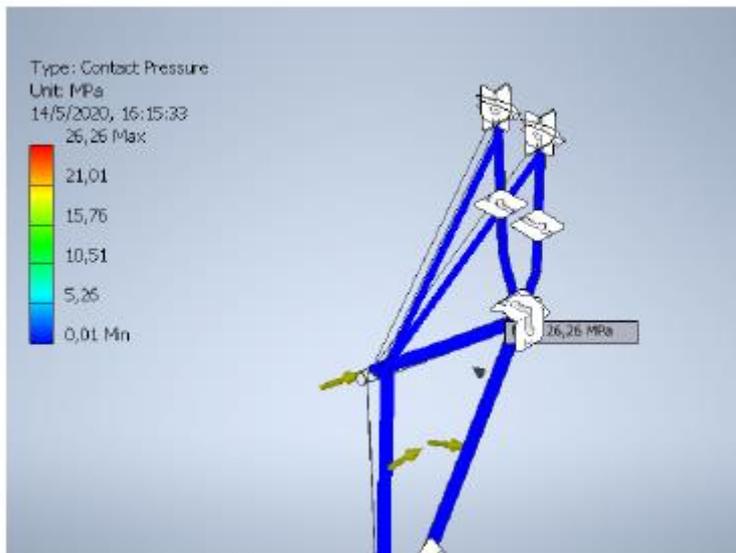
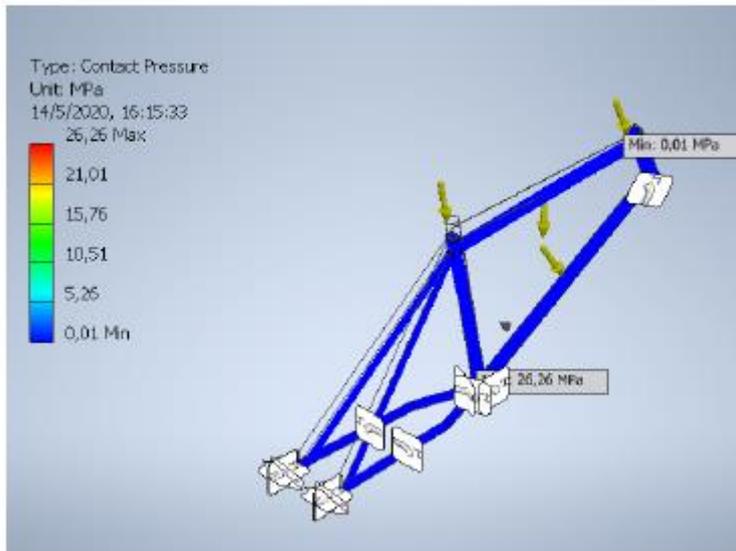
### Estrés YZ



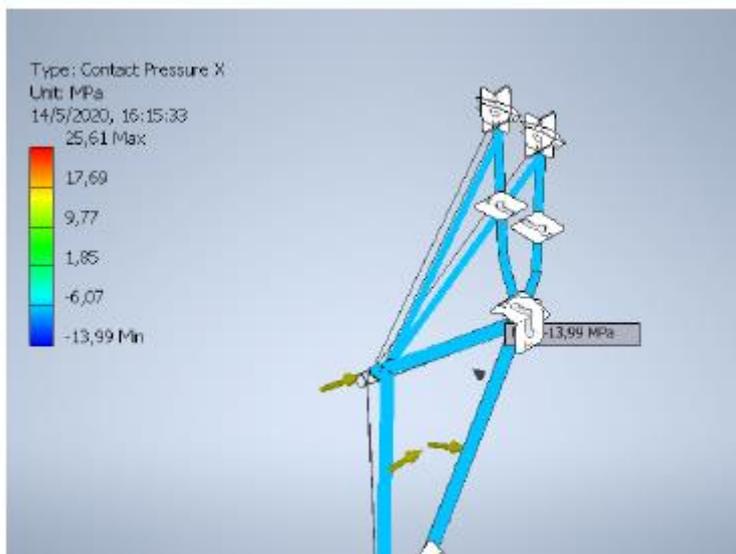
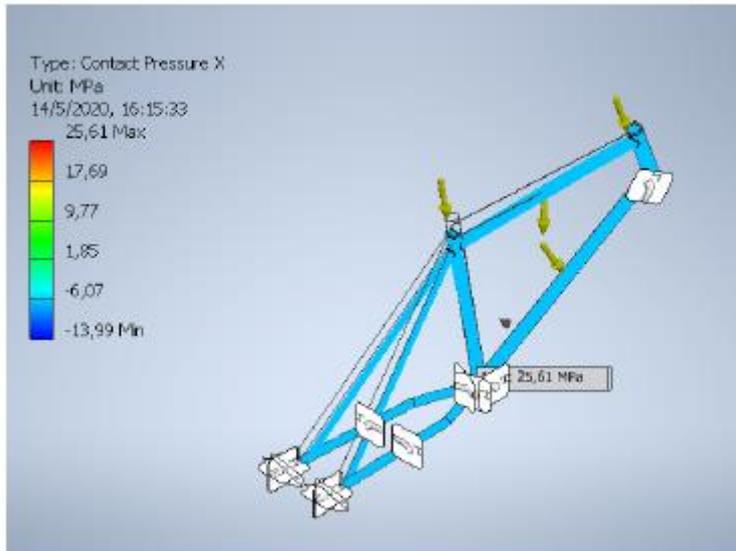
**Estrés ZZ**



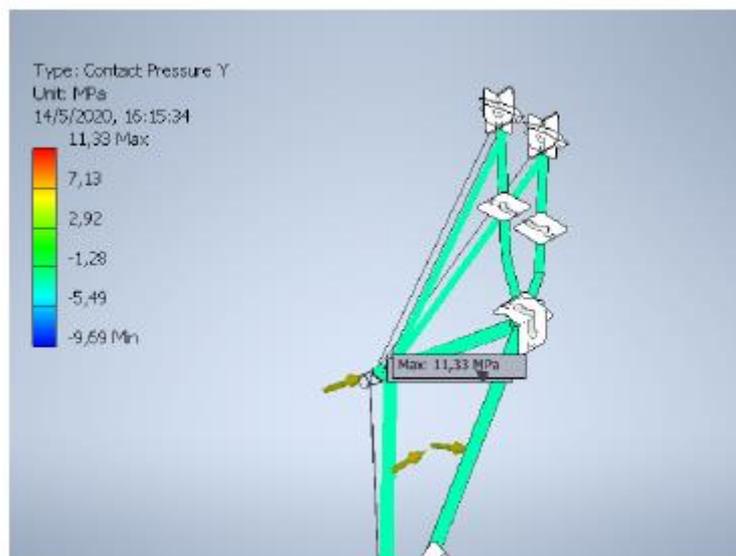
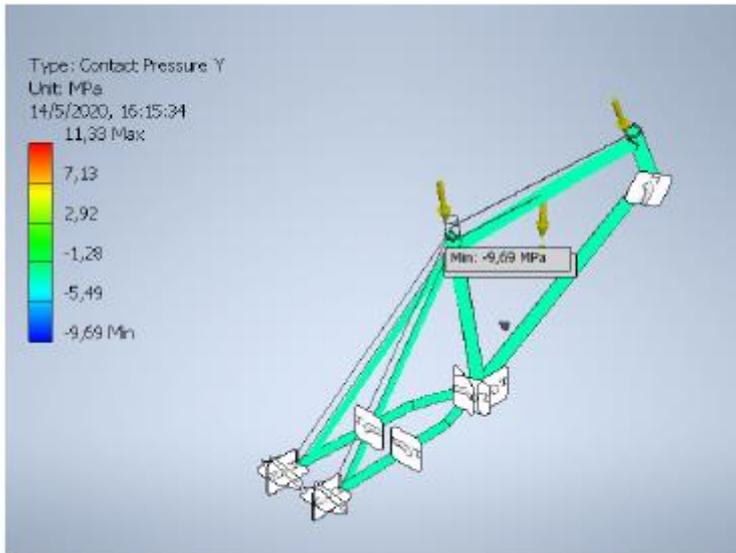
▣ Presión de contacto



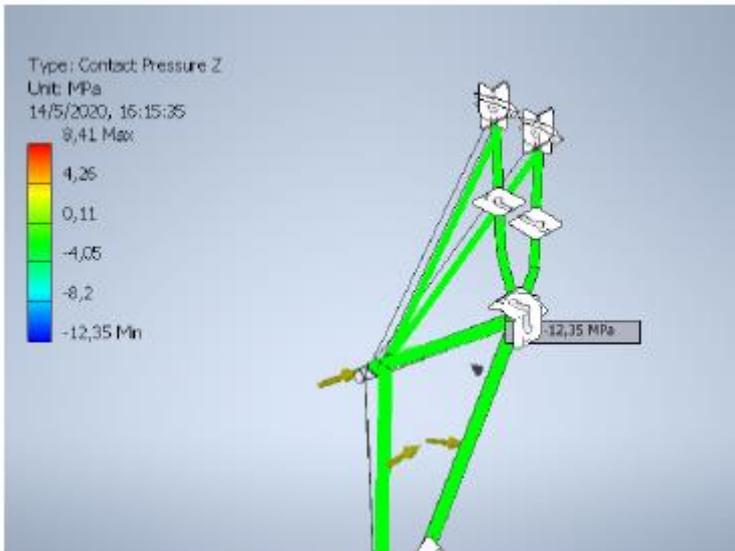
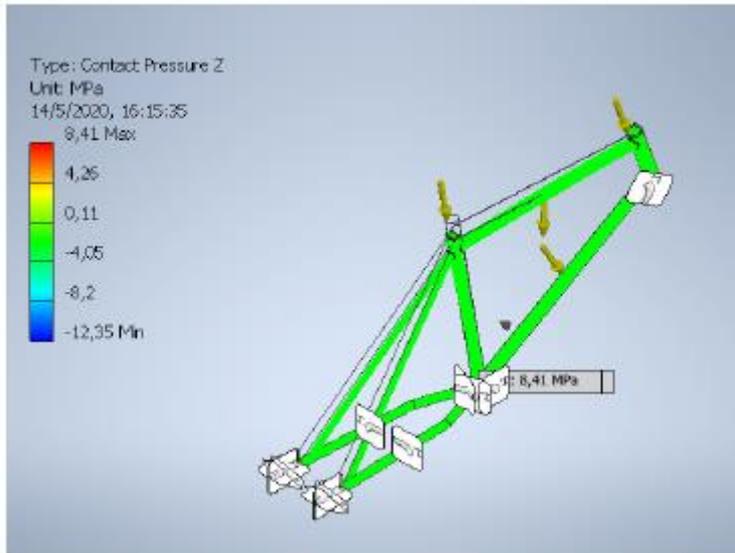
3 Presión de contacto X



Presión de contacto Y



▣ Presión de contacto Z



**Anexo 2: Planos de diseño**

