

UNIVERSIDAD MODELO

Ingeniería Automotriz



Proyectos VI

EXAMEN P-2 PROYECTO SEMESTRAL

Henry Gurriá Montejo



Elian de Jesús Carreón Maldonado

Josafat Rogelio Asmitia García

Furlong Romero José María

Ricardo Francisco Flores Campos

Angel David Solís Cardounel

09/05/2025

Índice

1.	Introducción	4
2.	Objetivo General	5
2.1	Objetivos específicos	5
3.	Problemática	6
4.	Justificación	7
5.	Marco teórico	8
5.1	Diseño y configuración de vehículos de tres ruedas	8
5.2	Adaptación de la estructura del chasis	13
5.3	Sistemas de dirección y frenos.....	17
5.4	Análisis y simulación estructural	23
5.5	Aplicaciones prácticas en el diseño automotriz	27
6.	Desarrollo.....	29
6.1	Elaboración del diseño estructural del proyecto	29
6.2	Adaptación y preparación de la base.....	37
6.3	Adaptación del sistema de frenos.....	38
6.4	Integración Estructural y Adaptación de Sistemas Funcionales	42
6.5	Armado de proyecto	45
	Referencias.....	47

1. Introducción

El presente documento aborda la transformación de vehículos convencionales a configuraciones de tres ruedas, enfatizando el diseño general y la adaptación de la estructura del chasis. Ante la creciente demanda de soluciones de movilidad seguras, eficientes y sostenibles, surge la necesidad de optimizar el uso de estructuras preexistentes, reduciendo el impacto ambiental y los costos de fabricación. La conversión de un vehículo de cuatro ruedas a tres implica desafíos técnicos significativos, especialmente en lo que respecta a la redistribución de cargas y la estabilidad dinámica.

El documento se estructura en secciones que exploran inicialmente los fundamentos del diseño de vehículos de tres ruedas, analizando las configuraciones “tadpole” y “delta”, y los principios ergonómicos y cinemáticos que aseguran un manejo óptimo. Posteriormente, se centra en la adaptación de la estructura del chasis, abordando las modificaciones estructurales necesarias, la redistribución del peso y la reubicación del centro de gravedad. Se destaca la importancia de utilizar herramientas de simulación, como el análisis por elementos finitos (FEM), para identificar zonas críticas y optimizar los puntos de anclaje de sistemas de suspensión, dirección y frenos.

Asimismo, se profundiza en la selección de materiales avanzados, como las aleaciones de aluminio y los compuestos de fibra de carbono, que permiten alcanzar una alta relación resistencia-peso, fundamental para mantener la integridad estructural sin incrementar excesivamente la masa. La integración de estos aspectos, respaldada por ensayos experimentales y simulaciones, garantiza que la adaptación cumpla con los estándares de seguridad y desempeño exigidos en la industria.

2. Objetivo General

Desarrollar una moto de 3 ruedas a partir de un vehículo tipo go-kart.

2.1 Objetivos específicos

- Diseñar la estructura y distribución de componentes para adaptar la base del go-kart a una configuración de tres ruedas.
- Implementar un sistema de dirección y frenos que garantice un control preciso y seguro del vehículo.
- Optimizar el rendimiento y seguridad del prototipo mediante pruebas de funcionamiento.

3. Problemática

El desarrollo de nuevos vehículos alternativos ha cobrado relevancia en la industria del transporte debido a la necesidad de soluciones más accesibles, eficientes y seguras. En este contexto, la transformación de un vehículo tipo go kart en una motocicleta de tres ruedas representa un desafío técnico y estructural que requiere un análisis detallado de múltiples factores. La problemática central radica en la conversión de un chasis diseñado originalmente para cuatro ruedas en una configuración de tres ruedas sin comprometer la estabilidad, la maniobrabilidad y la seguridad del vehículo.

Uno de los principales inconvenientes de esta adaptación es la redistribución del peso y la geometría del chasis, aspectos fundamentales para garantizar la estabilidad del vehículo en movimiento. La eliminación de una rueda implica la necesidad de rediseñar el punto de apoyo y la resistencia estructural, lo que exige estudios de materiales, simulaciones mecánicas y pruebas de carga para evitar fallos estructurales o desequilibrios en la conducción; además, el sistema de dirección y frenos debe ser rediseñado para ajustarse a la nueva configuración del vehículo. Un go-kart tradicional cuenta con un sistema de dirección y frenado pensado para cuatro ruedas, por lo que su modificación hacia un modelo de tres ruedas requiere un análisis que asegure una respuesta eficiente en diferentes condiciones de operación.

La falta de precisión en este diseño podría comprometer la seguridad del conductor y la estabilidad del vehículo en curvas o frenadas bruscas. Otro aspecto relevante es la integración de un sistema de propulsión adecuado para la nueva configuración. La posición del motor y la forma en que se transmite la potencia a las ruedas deben ser cuidadosamente evaluadas para optimizar el desempeño del vehículo sin generar desgastes prematuros o pérdidas de eficiencia en la transmisión de la energía.

4. Justificación

El desarrollo de una motocicleta de tres ruedas a partir de un vehículo tipo go kart representa una propuesta innovadora que busca optimizar recursos y fomentar la reutilización de estructuras vehiculares en desuso. En el ámbito de la movilidad, este tipo de vehículos han demostrado ser una alternativa versátil que combina la estabilidad de un automóvil con la maniobrabilidad de una motocicleta.

Uno de los principales motivos que fundamentan este proyecto es la necesidad de explorar soluciones accesibles para la movilidad recreativa, a partir de elementos mecánicos ya existentes. La modificación de un go-kart para su conversión en una motocicleta de tres ruedas permite el desarrollo de habilidades en diseño, fabricación y adaptación de componentes automotrices, lo que contribuye al crecimiento académico y profesional; otro aspecto relevante es la contribución a la sustentabilidad, dado que este proyecto fomenta la reutilización de materiales y la optimización de recursos, reduciendo la generación de residuos automotrices. Al emplear un chasis preexistente, se disminuye el impacto ambiental derivado de la fabricación de nuevas estructuras, promoviendo prácticas más responsables en el diseño vehicular.

Finalmente, este proyecto representa una oportunidad para la aplicación de conocimientos teóricos en un desarrollo práctico, permitiendo evaluar la viabilidad de modificaciones en estructuras vehiculares con un enfoque funcional y seguro. A través de pruebas y ajustes, se busca garantizar que la motocicleta de tres ruedas cumpla con los estándares de desempeño y seguridad requeridos, consolidando así un proceso de diseño eficiente y aplicable a futuras innovaciones en el ámbito del transporte.

5. Marco teórico

5.1 Diseño y configuración de vehículos de tres ruedas

El diseño y la configuración de vehículos de tres ruedas representan un campo de estudio que combina principios de ingeniería, ergonomía y aerodinámica para crear soluciones de movilidad eficientes y seguras. Estos vehículos, conocidos como triciclos motorizados, han ganado popularidad en diversas aplicaciones, desde el transporte urbano hasta el uso recreativo.

Actualmente, existen dos configuraciones principales para los vehículos de tres ruedas, las cuales se denominan como:

1. **Configuración Delta:** Esta disposición presenta dos ruedas traseras y una delantera como se muestra en la imagen 1. Es común en vehículos como los triciclos tradicionales y algunos modelos de motocicletas con sidecar. La rueda delantera se encarga de la dirección, mientras que las traseras proporcionan la tracción. Esta configuración ofrece una mayor estabilidad en línea recta, pero puede presentar desafíos en curvas debido a la tendencia al vuelco lateral.



Imagen 1: Motocicleta con configuración Delta.

2. **Configuración Tadpole (Renacuajo):** En la imagen dos se aprecia como en esta disposición, el vehículo cuenta con dos ruedas delanteras y una trasera. Es frecuente en diseños modernos de triciclos deportivos y vehículos urbanos ligeros. Las dos ruedas frontales permiten una mejor distribución del peso y una mayor estabilidad en curvas, mejorando la maniobrabilidad y reduciendo el riesgo de vuelco.



Imagen 2: Motocicleta con configuración Tadpole.

Las consideraciones de diseño en la configuración de vehículos de tres ruedas son esenciales para garantizar un funcionamiento óptimo, la seguridad y la comodidad del usuario. En este contexto, se deben analizar diversas variables desde el punto de vista estructural, funcional y ergonómico. En primer lugar, la estabilidad y la maniobrabilidad son aspectos críticos, ya que la distribución asimétrica de las ruedas implica retos únicos en comparación con los vehículos de cuatro ruedas. La elección entre la configuración "tadpole" (dos ruedas delanteras y una trasera) y la "delta" (una rueda delantera y dos traseras) influye directamente en la distribución del peso y el centro de gravedad. En la configuración tadpole, la presencia de dos ruedas en la parte delantera favorece un frenado más equilibrado y una mayor estabilidad en curvas, siempre y cuando el centro

de gravedad se ubique de forma adecuada hacia la parte delantera del vehículo. En la imagen 3, pueden apreciarse las principales diferencias en el funcionamiento de estas dos configuraciones.

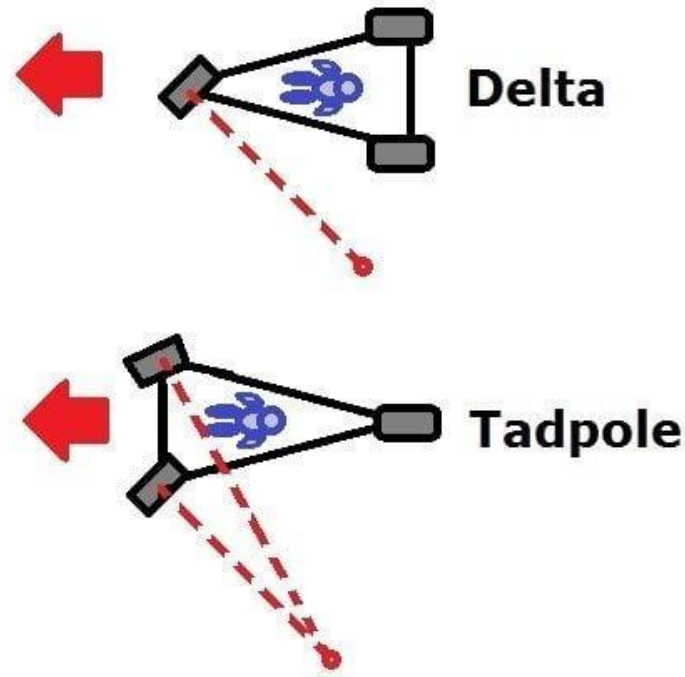


Imagen 3: Funcionamiento de Delta vs Tadpole.

El análisis cinemático y dinámico resulta indispensable para predecir el comportamiento del vehículo en situaciones reales de operación. Utilizando herramientas de simulación y modelado (por ejemplo, mediante software de análisis estructural y dinámico), se pueden evaluar las respuestas ante aceleraciones, frenadas bruscas y maniobras de giro (Imagen 4). Este proceso permite ajustar la geometría del chasis y los ángulos de las ruedas para maximizar la adherencia y evitar situaciones de inestabilidad.

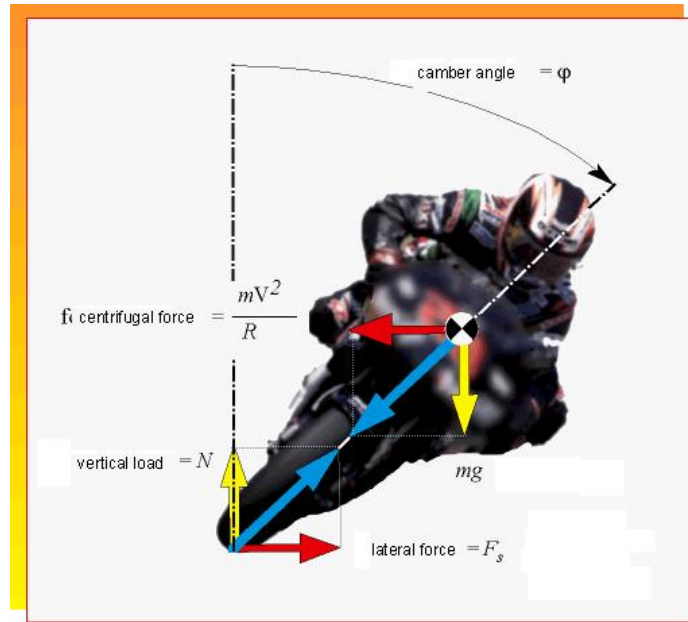


Imagen 4: Diagrama de fuerzas en una curva cerrada.

Otro aspecto fundamental es la selección de materiales. Para lograr una estructura ligera y resistente, es común optar por aleaciones de aluminio o compuestos de fibra de carbono, que ofrecen una alta relación resistencia-peso. Esta elección es particularmente relevante en proyectos de adaptación de un chasis existente, donde la eliminación o redistribución de ruedas puede afectar la rigidez y la capacidad de carga del vehículo. La correcta selección de materiales no solo contribuye a la eficiencia del vehículo, sino que también reduce el desgaste y mejora la durabilidad a lo largo del tiempo.

El rediseño del sistema de suspensión y frenos debe realizarse de forma integral. Un sistema de suspensión eficiente (Imagen 5) absorbe las irregularidades del terreno y mantiene el contacto constante de los neumáticos con la superficie, mientras que un sistema de frenos adaptado a la nueva configuración garantiza una respuesta homogénea y segura en todas las condiciones. La integración de estos sistemas requiere un enfoque multidisciplinario en el que se optimicen tanto los componentes mecánicos como la electrónica involucrada.

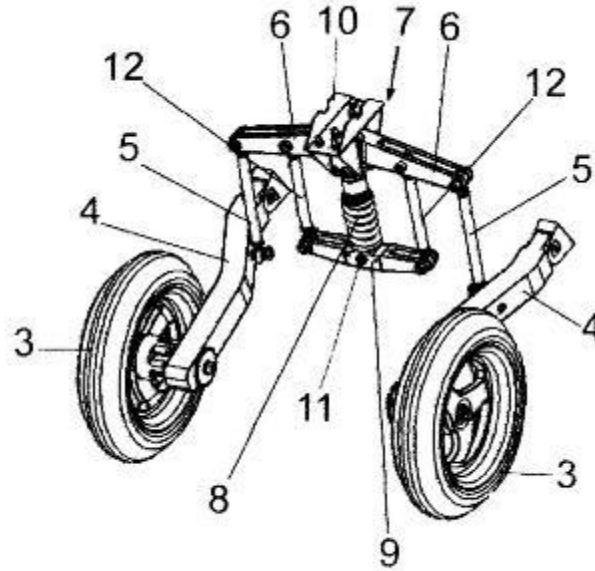


Imagen 5: Sistema de suspensión para vehículos de tres ruedas.

Asimismo, la integración de subsistemas como la dirección, la transmisión de potencia y la propulsión es crucial. El rediseño del sistema de dirección debe tener en cuenta la geometría del chasis y la posición del motor, asegurando que el vehículo ofrezca un manejo ágil y preciso. Aspectos ergonómicos, tales como la disposición del asiento, la ubicación de los controles y la visibilidad del conductor, deben ser estudiados minuciosamente para optimizar la experiencia de conducción.

Este tipo de vehículos ofrecen una gran variedad de ventajas dentro de las cuales destacan:

- **Eficiencia Energética:** Su menor peso y resistencia aerodinámica en comparación con vehículos de cuatro ruedas resultan en un consumo de energía más eficiente.
- **Maniobrabilidad:** Especialmente en entornos urbanos, su tamaño compacto facilita el estacionamiento y la navegación en tráfico denso.

- **Costos de Producción y Mantenimiento:** Generalmente, estos vehículos son más económicos de producir y mantener debido a su simplicidad mecánica y menor cantidad de componentes.

5.2 Adaptación de la estructura del chasis

La conversión de un vehículo convencional a una configuración de tres ruedas implica una serie de modificaciones estructurales en el chasis para garantizar la integridad y seguridad del vehículo. Entre las principales modificaciones se incluyen:

- **Refuerzo del chasis:** La eliminación de una rueda altera la distribución de las cargas y puede generar puntos de tensión adicionales en la estructura. Es esencial reforzar el chasis en áreas críticas para soportar las nuevas cargas y mantener la rigidez estructural.
- **Rediseño de puntos de anclaje:** Los puntos de anclaje de la suspensión, dirección y sistemas de frenado deben ser reubicados o modificados para adaptarse a la nueva configuración y asegurar un funcionamiento óptimo.
- **Incorporación de elementos de seguridad:** La instalación de barras antivuelco y otras estructuras de seguridad es común en vehículos modificados para competencias o uso todoterreno, y debe ser homologada según las normativas vigentes.

La estabilidad y maniobrabilidad de un vehículo están directamente influenciadas por la distribución del peso y la ubicación del centro de gravedad. En una configuración de tres ruedas, es crucial:

- **Optimizar la distribución del peso:** Una carga mal distribuida puede alterar el centro de gravedad y comprometer la seguridad del vehículo. Es fundamental equilibrar el peso entre los ejes y mantener el centro de gravedad lo más bajo posible para mejorar la estabilidad en curvas y durante maniobras.
- **Considerar la transferencia de peso:** Durante la aceleración, frenado y giros (imagen 6), el centro de gravedad del vehículo cambia, lo que afecta la distribución de las cargas sobre las ruedas. Un diseño adecuado debe tener en cuenta estos cambios para mantener la estabilidad.

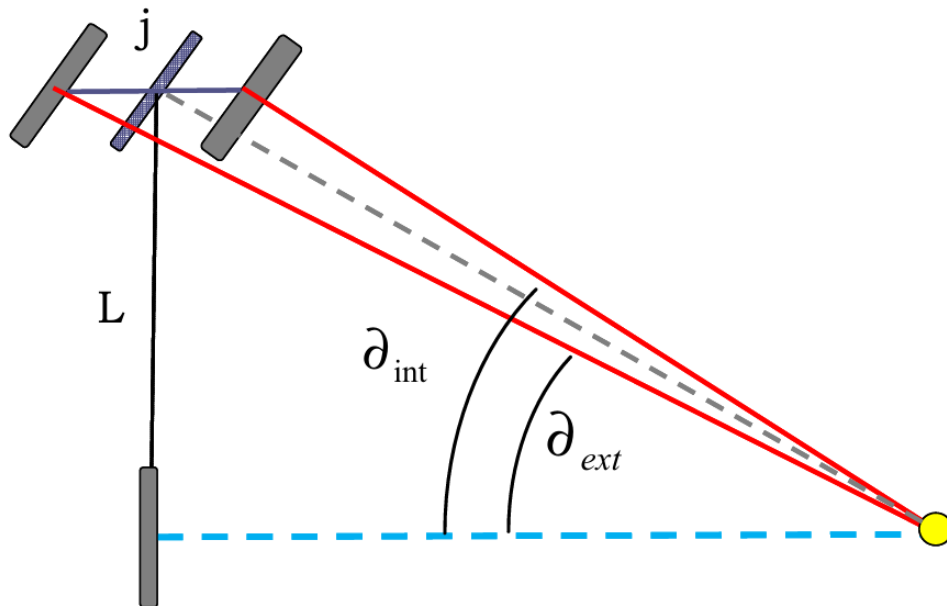


Imagen 6: Centro de giro del vehículo.

La selección adecuada de materiales constituye uno de los pilares fundamentales en el proceso de adaptación de un chasis para vehículos de tres ruedas. Dado que la modificación de la configuración de apoyo implica cambios en la distribución de las cargas y en los puntos de tensión, es imperativo optar por materiales que ofrezcan una alta relación resistencia-peso y que aseguren una robustez estructural sin incrementar de forma excesiva la masa total del vehículo.

En proyectos de este tipo, resulta habitual recurrir a aleaciones de aluminio y compuestos de fibra de carbono. Las aleaciones de aluminio destacan por su ligereza, buena conductividad térmica y resistencia a la corrosión, lo que las hace ideales para la fabricación de componentes estructurales que requieren una rápida disipación de calor y un bajo peso. Por otro lado, los compuestos de fibra de carbono proporcionan una excelente rigidez y resistencia mecánica, características esenciales cuando se requiere minimizar la deformación del chasis bajo cargas dinámicas intensas. De hecho, diversos estudios han demostrado que la utilización de materiales compuestos en aplicaciones automotrices puede reducir el peso del vehículo en un 20–30% (Imagen 7) sin comprometer la integridad estructural (García & López, 2021).

MATERIAL LIGERO	REDUCCION DE MASA
Magnesio	30-70 %
Compuestos de fibra de carbono	50-70 %
Compuestos de aluminio y matriz de aluminio	30-60 %
Titanio	40-55 %
Compuestos de fibra de vidrio	25-35 %
Acero avanzado de alta resistencia	15-25 %
Acero de alta resistencia	10-28 %

Imagen 7: Tabla de reducción de peso en vehículos acero vs materiales ligeros.

Además, la resistencia estructural se evalúa mediante análisis de elementos finitos (FEM), herramienta que permite simular el comportamiento del chasis modificado bajo diversas condiciones de carga, tales como aceleración, frenado y maniobras de giro. Estas simulaciones proporcionan mapas de tensiones que ayudan a identificar puntos críticos y a determinar dónde se requieren refuerzos adicionales. La integración de resultados de FEM en el proceso de diseño posibilita la optimización de los espesores de los materiales y la incorporación de refuerzos estratégicos, asegurando así que la estructura cumpla con las normativas de seguridad y los requisitos de rendimiento.

Otro aspecto relevante es la capacidad de los materiales para soportar cargas cíclicas y resistir la fatiga, propiedades que se muestran en la imagen 8. En un vehículo adaptado a tres ruedas, los componentes del chasis estarán expuestos a esfuerzos variables y a cargas repetitivas durante su operación. Por ello, es fundamental realizar ensayos mecánicos complementarios, tales como pruebas de fatiga y de impacto, para validar la durabilidad de la estructura en condiciones reales de uso. Estas pruebas, en conjunto con el modelado computacional, permiten confirmar que la adaptación no compromete la vida útil del chasis.

Propiedad		Aluminio	Acero 371
1	Esfuerzo (N/mm ²)	250	400
2	Elasticidad E, Módulo de Young (MPa)	70.000	210.000
3	Densidad (g/cm ³)	2,7	7,8
4	Punto de fusión (°C)	660	1500
5	Rango de temperatura de trabajo (°C)	-250 a 150	-50 a 500
6	Conductibilidad eléctrica (m/Ohm mm) ²	29	7
7	Conductividad térmica (W/m °C)	200	76
8	Coefficiente de expansión lineal x 10-6/°C	24	12
9	No-magnético	Sí	No
10	Tóxico	No	No
11	Resistente a la corrosión	Sí	Sí
12	Mecanizado	Fácil	Fácil
13	Maleable	Sí	Sí
14	Costo	Barato	Caro

Imagen 8: Propiedades del acero vs aluminio.

5.3 Sistemas de dirección y frenos

El sistema de dirección y frenos constituye la columna vertebral en el desempeño y la seguridad de cualquier vehículo ya que estos sistemas son responsables, respectivamente, de traducir las intenciones del conductor en movimientos precisos y de detener el vehículo de manera segura, controlada y a voluntad del piloto en situaciones de emergencia. La comprensión de sus fundamentos y componentes es esencial para el desarrollo de vehículos que cumplan con los más altos estándares de seguridad y maniobrabilidad.

El sistema de dirección se basa en principios mecánicos, hidráulicos y, en sistemas más modernos, electrónicos. Tradicionalmente, la dirección se conforma por el volante, la columna de dirección, la caja de dirección y los enlaces que conectan estos elementos con las ruedas delanteras. Según López et al. (2019), “la precisión en la transmisión de los movimientos del volante es fundamental para garantizar una respuesta inmediata y segura en situaciones de emergencia”. La evolución hacia sistemas asistidos, ya sean hidráulicos o electrónicos, ha permitido reducir el esfuerzo requerido por el conductor y mejorar la respuesta dinámica, gracias a la incorporación de sensores y actuadores que adaptan la asistencia a las condiciones de la vía.

Por otro lado, otro aspecto crítico a tomar en cuenta es la geometría de la dirección; parámetros como el ángulo de kingpin, el camber, el caster y el toe (imagen 9) determinan la alineación y estabilidad de las ruedas durante las maniobras. Una configuración adecuada de estos ángulos no solo mejora la precisión en la conducción, sino que también optimiza la tracción y reduce el desgaste de los neumáticos. Estudios recientes indican que “una correcta alineación de la dirección puede incrementar la vida útil del neumático y mejorar significativamente la estabilidad del vehículo en curvas” (Martínez, 2020).

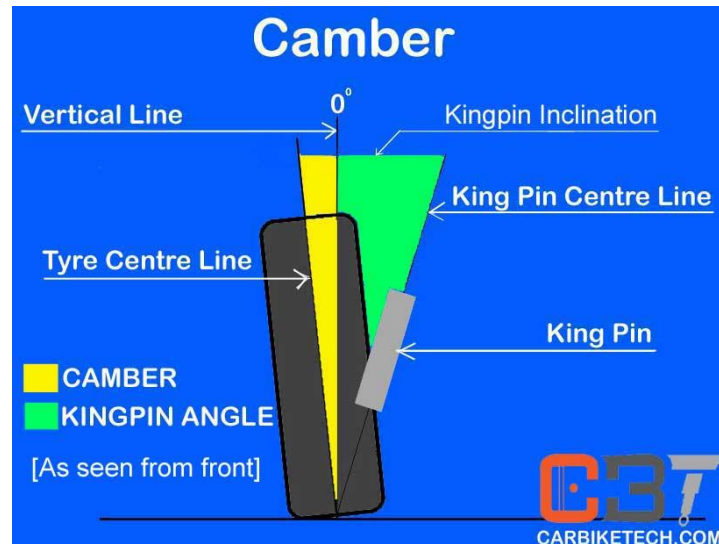


Imagen 9: Angulo camber en un vehículo.

Al tomar una curva, la trimoto experimenta una fuerza centrífuga que tiende a desplazarla hacia el exterior de la trayectoria. La magnitud de esta fuerza depende de la velocidad del vehículo y del radio de la curva, incrementándose con velocidades más altas y radios más pequeños. Para contrarrestar este efecto, es común la implementación de un peralte en la vía, que consiste en una inclinación transversal hacia el interior de la curva (Imagen 10). Esta inclinación ayuda a compensar la fuerza centrífuga, mejorando la adherencia de los neumáticos y reduciendo el riesgo de deslizamiento lateral. A continuación, se definen cada una de las fuerzas involucradas durante este proceso:

- **Fuerza centrífuga:** Empuja al vehículo hacia el exterior de la curva.
- **Fuerza de gravedad:** Actúa hacia abajo, manteniendo el contacto de las ruedas con el suelo.
- **Fuerza de tracción:** Generada por los neumáticos, contrarresta la fuerza centrífuga y permite el giro.

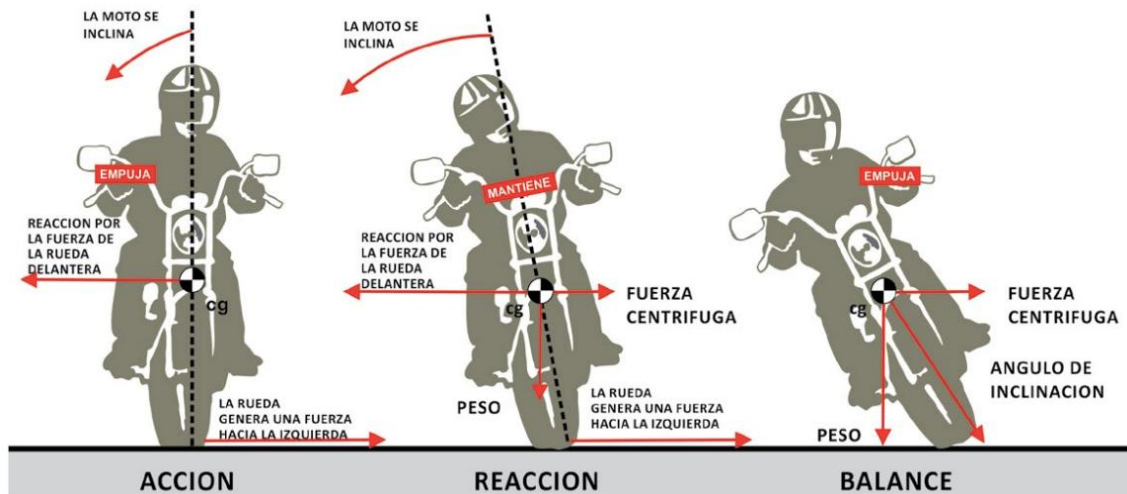


Imagen 10: Transferencia de carga en una moto al momento de tomar una curva.

Durante el trazado de una curva, la distribución del peso de la trimoto se ve alterada debido a la transferencia de carga. La fuerza centrífuga provoca que la masa del vehículo se desplace hacia las ruedas exteriores de la curva, aumentando la carga sobre estas y disminuyéndola en las ruedas interiores. Este fenómeno puede afectar la adherencia de los neumáticos y, por ende, la estabilidad del vehículo. Como se muestra en la siguiente tabla, es crucial que el diseño de la suspensión y el chasis de la trimoto consideren esta transferencia de carga para mantener un contacto óptimo de los neumáticos con la superficie de la carretera.

Configuración	Estabilidad en curvas	Maniobrabilidad	Riesgo de vuelco
Tadpole	Alta	Media	Bajo
Delta	Media	Alta	Medio

Las acciones de aceleración y frenado también influyen en la dinámica de la trimoto durante el trazado de curvas. Una aceleración excesiva al entrar o salir de una curva puede aumentar la fuerza centrífuga, desestabilizando el vehículo. Por otro lado, un frenado brusco puede provocar una transferencia de peso hacia la parte delantera, afectando la adherencia de las ruedas traseras y potencialmente causando un deslizamiento. Por lo tanto, es recomendable realizar frenados suaves antes de entrar en la curva y aplicar una aceleración progresiva al salir de ella, manteniendo así un equilibrio adecuado de las fuerzas actuantes. (Imagen 11)

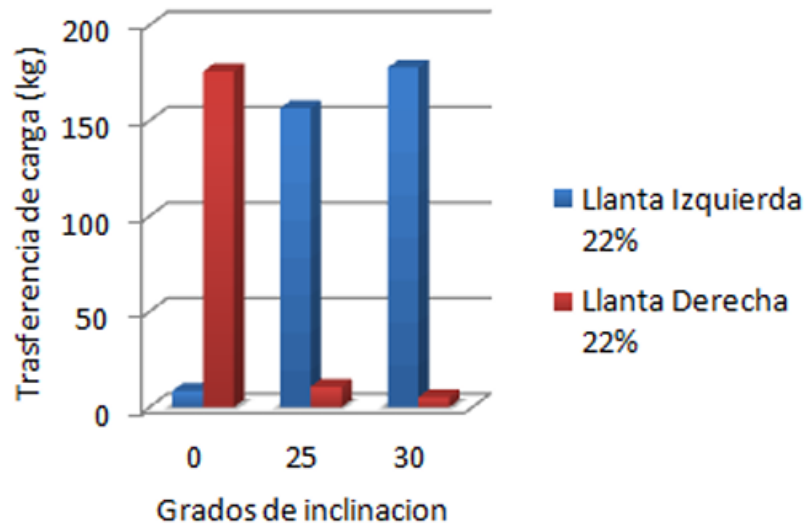


Imagen 11: Distribución eje delantero, transferencia de carga-grados de inclinación.

El sistema de suspensión de una trimoto juega un papel fundamental en la gestión de las fuerzas durante el trazado de curvas. Una suspensión bien diseñada debe ser capaz de absorber las irregularidades del terreno y mantener las ruedas en contacto constante con la superficie, incluso durante la transferencia de carga. Además, debe minimizar el balanceo de la carrocería, que puede amplificar los efectos de la fuerza centrífuga y comprometer la estabilidad. La elección de componentes de suspensión adecuados y su correcta calibración son esenciales para lograr un

comportamiento dinámico óptimo. El sistema de suspensión de una trimoto juega un papel fundamental en la gestión de las fuerzas durante el trazado de curvas. Una suspensión bien diseñada debe ser capaz de absorber las irregularidades del terreno y mantener las ruedas en contacto constante con la superficie, incluso durante la transferencia de carga. Además, debe minimizar el balanceo de la carrocería, que puede amplificar los efectos de la fuerza centrífuga y comprometer la estabilidad. La elección de componentes de suspensión adecuados y su correcta calibración son esenciales para lograr un comportamiento dinámico óptimo.

Los neumáticos son el único punto de contacto entre la trimoto y la carretera, por lo que su diseño y estado son críticos para la seguridad en curvas. Neumáticos con un compuesto adecuado y un dibujo de banda de rodadura diseñado para proporcionar un buen agarre lateral pueden mejorar significativamente la capacidad del vehículo para manejar las fuerzas laterales a los que se somete como en la imagen 12 durante el trazado de curvas. Además, mantener una presión de inflado correcta y un desgaste uniforme asegura que los neumáticos funcionen de manera óptima

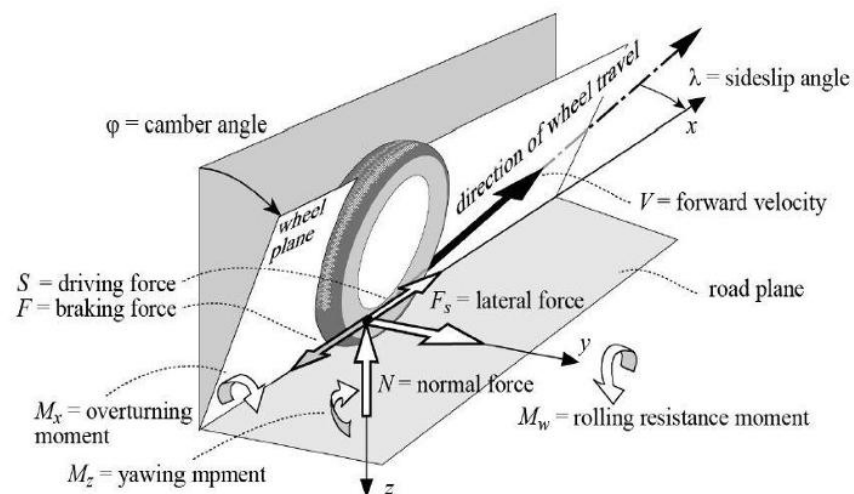


Imagen 12: Diagrama de esfuerzos de un neumático.

Sistema de frenos

El sistema de frenos en una trimoto es crucial para garantizar la seguridad del conductor y los pasajeros. Los componentes principales incluyen:

- **Frenos de Disco:** Comúnmente utilizados en las ruedas delanteras por su eficiencia en la disipación de calor y respuesta rápida.
- **Frenos de Tambor:** Pueden encontrarse en la rueda trasera, aunque su uso ha disminuido debido a su menor eficiencia comparada con los frenos de disco.
- **Sistema Antibloqueo de Frenos (ABS):** Previene el bloqueo de las ruedas durante frenadas bruscas, manteniendo la estabilidad y control direccional del vehículo.

La implementación del ABS en trimotos ha demostrado mejorar significativamente la seguridad. Estudios indican que "la integración de ABS en vehículos de tres ruedas reduce significativamente la distancia de detención y mejora la estabilidad en frenadas". En la imagen 13 se pueden apreciar las principales diferencias estructurales entre un sistema de frenos de tambor contra uno de disco.

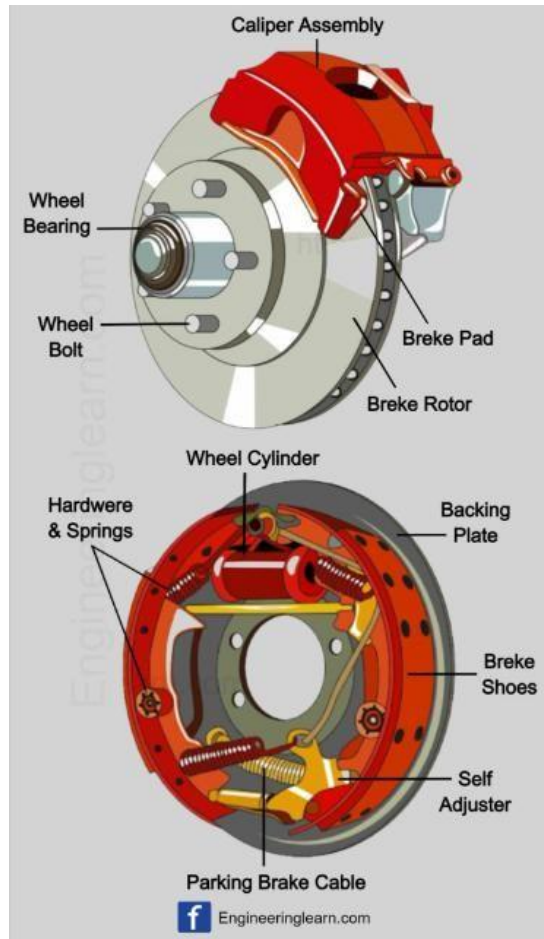


Imagen 13: Comparación de un sistema de frenos de disco y de tambor.

5.4 Análisis y simulación estructural

El análisis y la simulación estructural se han consolidado como pilares fundamentales en la ingeniería automotriz moderna. Estas herramientas permiten a los ingenieros evaluar y optimizar la resistencia, rigidez y comportamiento dinámico de las estructuras vehiculares antes de su fabricación, garantizando así altos estándares de seguridad y rendimiento. Esto ha sido un pilar en la industria automotriz para la protección de los ocupantes y el desempeño general. El análisis estructural permite identificar posibles puntos débiles en el diseño, evaluando cómo responderá la estructura ante diversas cargas y condiciones operativas. La simulación, por su parte, ofrece la

posibilidad de recrear escenarios dinámicos y estáticos, proporcionando una visión detallada del comportamiento del vehículo sin necesidad de construir prototipos físicos. Esta metodología no solo reduce costos y tiempo en el proceso de desarrollo, sino que también facilita la implementación de mejoras continuas en el diseño.

Dos de los métodos más empleados en el análisis estructural son el Método de los Elementos Finitos (FEM) y el Método de los Elementos Límite (BEM). Este enfoque ha sido adoptado por fabricantes como Mercedes-Benz para estudiar la deformación del chasis durante impactos, mejorando la seguridad vehicular.

El MEF es una técnica numérica que discretiza una estructura continua en un conjunto finito de elementos más pequeños, denominados "elementos finitos". Estos elementos están interconectados en puntos llamados "nodos". Al resolver las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de cada elemento, se puede aproximar la respuesta global de la estructura bajo diversas condiciones de carga. Esta metodología es especialmente útil para analizar componentes con geometrías complejas y propiedades materiales heterogéneas.

En el contexto automotriz, el MEF se utiliza ampliamente para evaluar la resistencia y rigidez de componentes críticos como el chasis (imagen 14), la suspensión y la carrocería. Por ejemplo, al diseñar un chasis, los ingenieros pueden emplear el MEF para identificar áreas susceptibles a concentraciones de esfuerzo y optimizar la distribución de material, logrando estructuras más ligeras y resistentes. Además, el MEF facilita el análisis de vibraciones y modos propios, aspectos cruciales para el confort y la seguridad del vehículo.

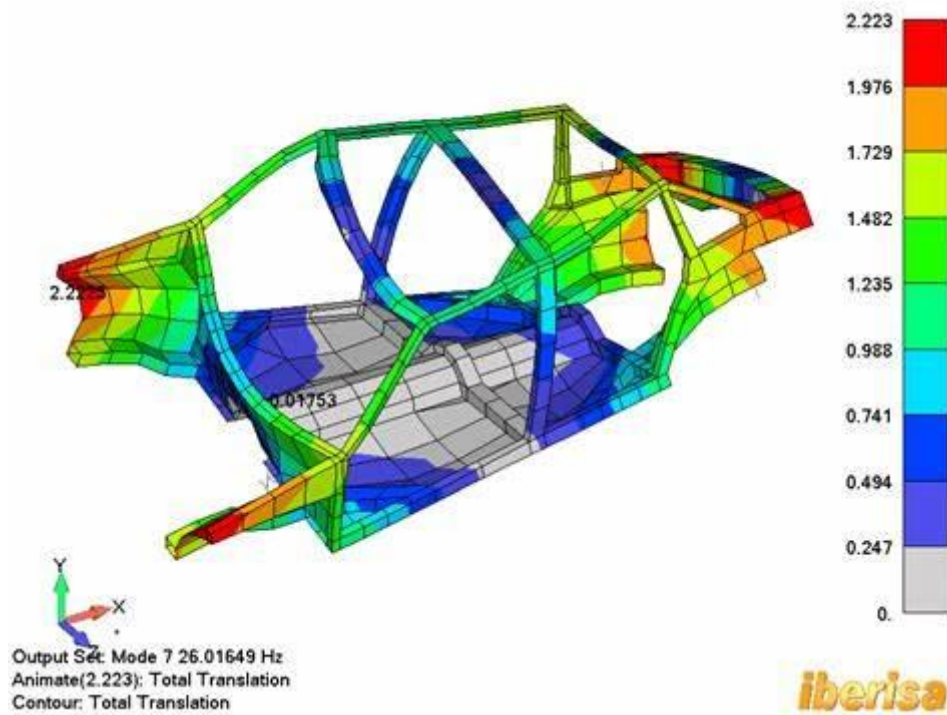


Imagen 14: Análisis de elementos finitos en el chasis de un vehículo.

El MEC es otra técnica numérica utilizada en el análisis estructural, que se basa en la discretización únicamente de las fronteras o contornos de la estructura, en lugar de todo el volumen como en el MEF. Esto reduce significativamente el número de elementos y, por ende, la complejidad computacional en ciertos tipos de problemas. El MEC es especialmente eficaz en problemas donde las condiciones de contorno son predominantes y en dominios infinitos o semi-infinitos, como en análisis de potenciales y problemas de elasticidad. En la industria automotriz, el MEC se aplica en áreas como la acústica y la aerodinámica. Por ejemplo, para evaluar la propagación de ondas sonoras en el interior de un vehículo, el MEC permite modelar cómo las vibraciones estructurales se transmiten y reflejan en las superficies internas, ayudando a diseñar habitáculos con mejores características acústicas. Asimismo, en estudios aerodinámicos, el MEC puede emplearse para analizar el flujo de aire alrededor del vehículo, optimizando el diseño de la carrocería para reducir la resistencia al avance.

Aunque tanto el MEF como el MEC son herramientas poderosas en el análisis estructural, su aplicabilidad depende de la naturaleza del problema a resolver. El MEF es generalmente preferido para problemas donde es necesario conocer el comportamiento interno del material o cuando las cargas y condiciones afectan todo el volumen de la estructura. Por otro lado, el MEC es más eficiente en problemas dominados por las condiciones de contorno o en aquellos que involucran dominios infinitos.

En la práctica, es común que ambos métodos se utilicen de manera complementaria. Por ejemplo, en el análisis de vibraciones inducidas por el flujo de aire sobre la carrocería, el MEC puede emplearse para determinar las cargas aerodinámicas en la superficie del vehículo, mientras que el MEF se utiliza para analizar la respuesta estructural interna a dichas cargas. Esta combinación permite una comprensión más completa y precisa del comportamiento del vehículo bajo condiciones operativas reales. A pesar de las ventajas que ofrecen el MEF y el MEC, su implementación efectiva requiere superar ciertos desafíos. Uno de los principales es la necesidad de modelos precisos que representen fielmente la geometría y las propiedades materiales de los componentes. Además, la calidad de los resultados depende en gran medida de la malla utilizada en la discretización; una malla inadecuada puede conducir a soluciones imprecisas o a un aumento innecesario en el tiempo de cálculo; Para abordar estos desafíos, se han desarrollado herramientas de software avanzadas que facilitan la generación de mallas óptimas y la asignación precisa de propiedades materiales. Programas como ANSYS y Abaqus ofrecen módulos especializados para el análisis estructural en el sector automotriz, permitiendo a los ingenieros simular y evaluar el comportamiento de los componentes bajo diversas condiciones de carga y entornos operativos. Estos avances tecnológicos no solo mejoran la precisión de los análisis, sino que también reducen los tiempos de desarrollo y los costos asociados a la fabricación de prototipos físicos.

5.5 Aplicaciones prácticas en el diseño automotriz

El análisis y la simulación estructural son pilares fundamentales en el diseño automotriz moderno, permitiendo predecir y optimizar el comportamiento de los vehículos bajo diversas condiciones, estas herramientas no solo mejoran la seguridad y el rendimiento, sino que también agilizan el proceso de desarrollo y reducen costos.

Optimización de Componentes Estructurales

La optimización estructural se centra en mejorar la eficiencia y resistencia de los componentes del vehículo. Mediante técnicas como la optimización de forma, paramétrica y topológica, los ingenieros pueden reducir el peso de las piezas sin comprometer su integridad. Por ejemplo, la optimización topológica permite redistribuir el material en una pieza para obtener una estructura más ligera y resistente, lo cual es esencial en la industria automotriz para mejorar el rendimiento y la eficiencia energética del vehículo.

Simulación de Impactos y Seguridad Pasiva

La seguridad es una prioridad en el diseño de vehículos. Las simulaciones de impacto permiten evaluar cómo se comportará la estructura del automóvil en colisiones, identificando zonas de deformación y mejorando la protección de los ocupantes. Herramientas como LS-DYNA se utilizan para realizar análisis detallados de choques, proporcionando información valiosa para el diseño de chasis y carrocerías más seguras.

Análisis de Fatiga y Durabilidad

Los vehículos están sujetos a cargas cíclicas que pueden provocar fatiga en los materiales. El análisis de fatiga permite predecir la vida útil de los componentes y estructuras, identificando posibles puntos de falla antes de que ocurran. Software como ANSYS facilita estos análisis, ayudando a los ingenieros a diseñar piezas que cumplan con los requisitos de durabilidad y seguridad.

Integración de Software de Simulación en el Proceso de Diseño

La incorporación de software de simulación en las etapas tempranas del diseño permite a los ingenieros validar conceptos y realizar ajustes antes de la fabricación de prototipos físicos. Esto no solo reduce costos, sino que también acelera el tiempo de desarrollo. Herramientas como ANSYS y LS-DYNA ofrecen módulos especializados para diferentes tipos de análisis, desde dinámicas de fluidos hasta análisis estructurales complejos.

Uso de Realidad Virtual en la Evaluación de Diseños

La realidad virtual (RV) se ha convertido en una herramienta valiosa para la visualización y evaluación de diseños automotrices. Mediante entornos virtuales inmersivos, los ingenieros y diseñadores pueden interactuar con modelos 3D a escala real, facilitando la detección de posibles problemas y la toma de decisiones informadas. Por ejemplo, el Observatorio Ixtli de la UNAM utiliza RV para mostrar prototipos de vehículos, permitiendo experimentar una sensación de inmersión y evaluar diferentes sistemas antes de su fabricación.

6. Desarrollo

6.1 Elaboración del diseño estructural del proyecto

El boceto inicial, elaborado a mano sin medidas precisas, sirvió como punto de partida para desarrollar un proceso sistemático que integró diversas fases, desde la conceptualización hasta la verificación de viabilidad, considerando factores críticos de diseño y anticipando posibles inconvenientes en la construcción. El primer paso consistió en la revisión del boceto manual original, en el cual se plasmaron las ideas básicas para la conversión del go-kart; la revisión se realizó en equipo, analizando la distribución de los componentes principales, la posición del motor, la ubicación del asiento y la disposición de la suspensión en el modelo actual. Se detectaron las limitaciones del boceto inicial, en particular la falta de medidas y proporciones definidas, lo que impulsó la necesidad de realizar un rediseño preliminar utilizando criterios de ingeniería estructural como se muestra en la imagen 15.

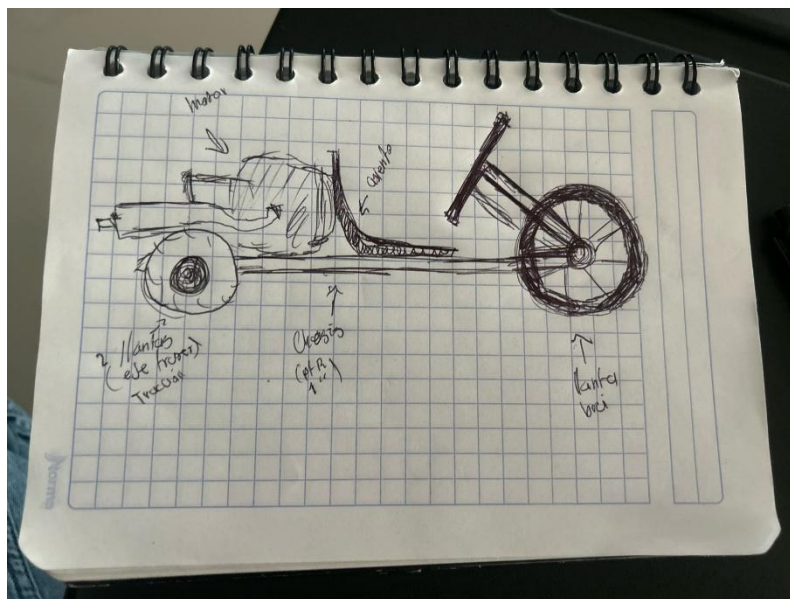


Imagen 15: Diseño preliminar del proyecto resaltando los componentes principales.

Posteriormente se comenzó a trabajar en la revisión del boceto manual original, en el cual se plasmaron las ideas básicas para la conversión del go-kart. La revisión se realizó en equipo, analizando la distribución de los componentes principales, la posición del motor, la ubicación del asiento y la disposición de la suspensión en el modelo actual. Se detectaron las limitaciones del boceto inicial, en particular la falta de medidas y proporciones definidas, lo que impulsó la necesidad de realizar un rediseño preliminar utilizando criterios de ingeniería estructural (Imagen 16).

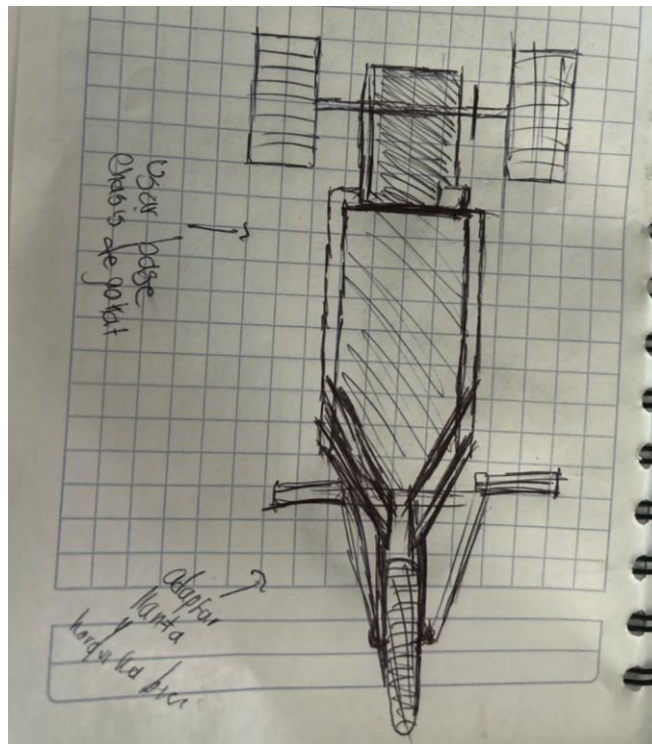


Imagen 16: Boceto que ilustra la adaptación del chasis original al de tres ruedas.

Una vez concluida esta etapa se establecieron los requerimientos técnicos y los factores que influirían en el nuevo diseño. Entre los factores críticos se incluyeron:

- **Distribución de Cargas:** Se analizó la necesidad de redistribuir las cargas para garantizar la estabilidad en la configuración de tres ruedas. Se consideró que el vehículo debería mantener un centro de gravedad bajo, preferentemente desplazado hacia la parte delantera en una configuración “tadpole”, para optimizar la maniobrabilidad.
- **Integridad Estructural:** Se determinó que la estructura base del go-kart debía ser reforzada en las zonas de anclaje de la suspensión y los puntos de unión de los componentes críticos, para soportar las nuevas cargas inducidas por la eliminación de una rueda.
- **Compatibilidad con Sistemas de Dirección y Frenos:** Se evaluó la necesidad de adaptar o rediseñar estos sistemas para que funcionen en la nueva configuración, garantizando una respuesta adecuada en situaciones de frenado y maniobra.
- **Selección de Materiales:** Se contempló la utilización de materiales de alta resistencia y ligereza, como aleaciones de aluminio o compuestos, para minimizar el peso adicional sin comprometer la rigidez.

Diseño preliminar en solidworks

Por último, se llevó a cabo un diseño preliminar (imagen 17) del go-kart utilizando SolidWorks, enfocándose en la representación básica de la estructura y la disposición general de los componentes.

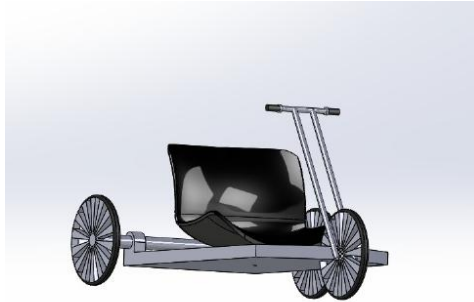


Imagen 17: Diseño a computadora de la trimoto.

Este modelo inicial permitió visualizar la configuración del vehículo y sentar las bases para futuros desarrollos detallados; para ello, se tomaron en cuenta los siguientes objetivos:

- **Visualización General:** Obtener una representación tridimensional básica del go-kart para facilitar la comprensión de su estructura y componentes principales.
- **Identificación de Componentes Clave:** Determinar la ubicación y relación entre los elementos esenciales, como el chasis, las ruedas, el asiento y el volante.
- **Base para Detalles Posteriores:** Establecer un modelo que sirva como punto de partida para añadir detalles y realizar análisis más profundos en etapas futuras.
-

Proceso de Creación del Modelo Superficial

1. Esbozo del Chasis:

- Se trazó un boceto 2D del chasis en SolidWorks, delineando la forma básica y las dimensiones aproximadas.
- **Extrusión del Boceto:**
 - El boceto 2D se extruyó para formar un modelo 3D simple del chasis, representando la estructura principal del go-kart.

2. Incorporación de Componentes Principales:

- Se añadieron representaciones básicas de las ruedas, el asiento y el volante, posicionándolos según la configuración general prevista.

Limitaciones del Diseño Superficial

- **Falta de Detalle:** El modelo carece de detalles específicos, como sistemas de suspensión, frenos y elementos de transmisión.
- **Ausencia de Análisis Estructural:** No se realizaron análisis de esfuerzos ni simulaciones de comportamiento dinámico en esta etapa.
- **Dimensiones Aproximadas:** Las medidas utilizadas son estimaciones y requieren precisión en fases posteriores. (imagen 18)

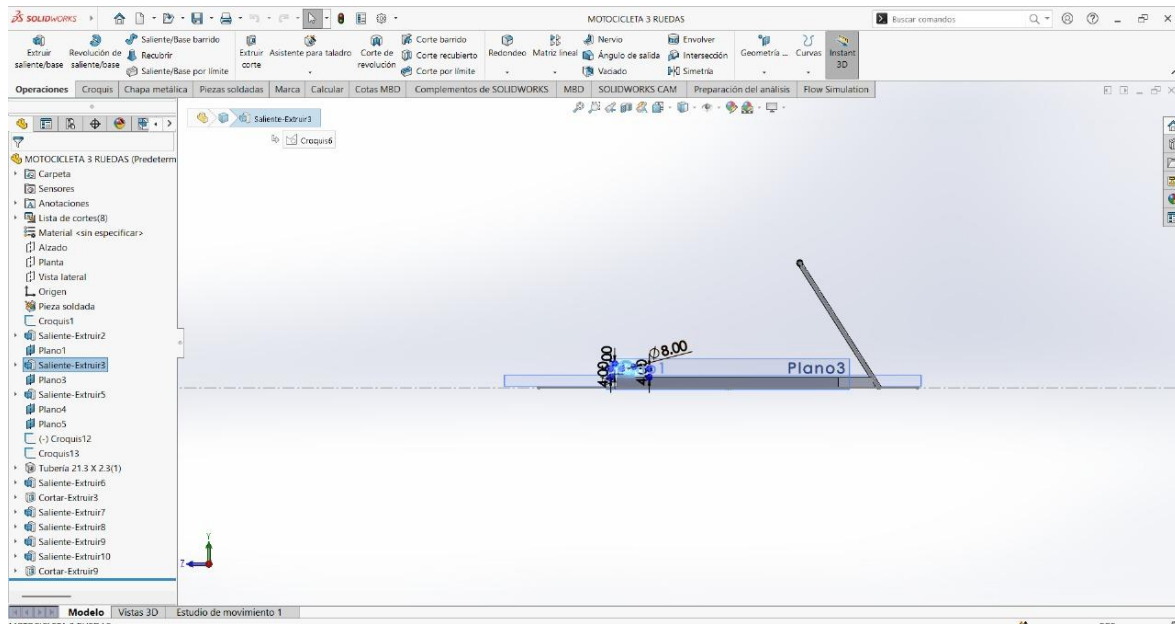


Imagen 18: Diseño a computadora con medidas.

Requerimiento / Factor	Distribución de Cargas	Integridad Estructural	Sistemas de Dirección y Frenos	Selección de Materiales
Objetivo	Lograr un balance óptimo del peso y un centro de gravedad que favorezca la estabilidad del vehículo.	Reforzar el chasis en zonas críticas para garantizar que soporte las nuevas cargas sin deformarse.	Adaptar y recalibrar el sistema para que la transmisión de los movimientos y la respuesta de frenado sean precisos y seguros.	Reducir el peso total del vehículo sin comprometer la resistencia estructural, utilizando materiales ligeros y de alta resistencia.

Consideraciones	Ajustar la ubicación de componentes (motor, suspensión, habitáculo) para evitar concentraciones de cargas que puedan afectar el equilibrio del vehículo.	Realizar análisis estructurales (por ejemplo, mediante FEM) para identificar áreas susceptibles a esfuerzos excesivos y definir refuerzos.	Revisar la integración de la dirección y frenos en la nueva configuración, asegurando que la respuesta dinámica se mantenga óptima en diversas condiciones.	Evaluar propiedades mecánicas, durabilidad, y coste de los materiales disponibles, considerando aleaciones de aluminio y compuestos avanzados.
Problemas Potenciales	Posible desbalance en la distribución de cargas que pueda desplazar el centro de gravedad de manera desfavorable, comprometiendo la estabilidad.	Deformaciones o fallas en puntos de unión críticos del chasis debido a un diseño inadecuado o insuficientes refuerzos estructurales.	Incompatibilidades en la adaptación de los sistemas de dirección y frenos, lo que podría generar respuestas erráticas o insuficientes durante maniobras.	Uso de materiales que, aunque económicos, no ofrezcan la resistencia requerida, incrementando el riesgo de fatiga y fallas estructurales.

Soluciones	Rediseñar la disposición de los componentes y optimizar el chasis para conseguir una distribución equilibrada de las fuerzas durante la operación.	Incorporar refuerzos adicionales, utilizar técnicas de optimización topológica pruebas experimentales.	Realizar una calibración minuciosa de la dirección y frenos, para prever y corregir posibles discrepancias en el comportamiento.	Emplear materiales avanzados que ofrezcan una excelente relación resistencia-peso.
------------	--	--	--	--

6.2 Adaptación y preparación de la base

En esta fase, el equipo revisa y adapta la base del go-kart para acomodar la nueva configuración de tres ruedas (imagen 19), lo que requiere ajustar el chasis y modificar los puntos de anclaje de los sistemas de dirección y frenos. Se efectúan inspecciones detalladas en la estructura existente, identificando las áreas donde se deben aplicar refuerzos para soportar las cargas adicionales y la redistribución del peso que se genera en la conversión. Este proceso se lleva a cabo de forma minuciosa y comparando con estándares de diseño estructural para asegurar que la plataforma se encuentra en óptimas condiciones para la integración de los nuevos sistemas.



Imagen 19: Analisis estructural de la base del vehículo.

Se efectúan inspecciones detalladas en la estructura existente, identificando las áreas donde se deben aplicar refuerzos para soportar las cargas adicionales y la redistribución del peso que se genera en la conversión tomando en cuenta el diseño que se muestra en la imagen 20. Este proceso se lleva a cabo de forma minuciosa y comparando con estándares de diseño estructural para

asegurar que la plataforma se encuentra en óptimas condiciones para la integración de los nuevos sistemas.

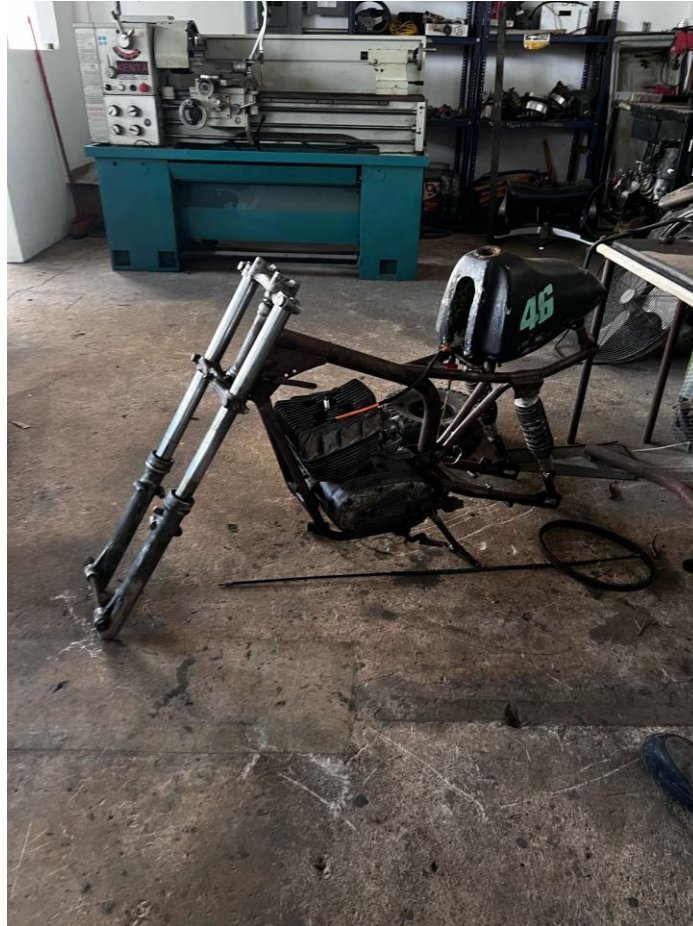


Imagen 20: Estructura base utilizada para el análisis de adaptación de la estructura original.

6.3 Adaptación del sistema de frenos

El proceso inicia con la selección de un manillar de bicicleta adecuado (imagen 21), que se considera el componente principal del sistema de dirección. Este manillar se ubica en una posición ergonómica, permitiendo al conductor un fácil acceso y manejo.



Imagen 21: Manillar que se utilizará para la adaptación del freno.

Posteriormente, se reubican los componentes del sistema de frenos que serán integrados al manillar. Esto implica separar cuidadosamente los elementos mecánicos, tales como el cable o varilla de freno, de la configuración original (Imagen 22). Se procede a identificar los puntos de anclaje que permitan mantener una transmisión de fuerza eficiente y segura. Los componentes se organizan de modo que su nueva posición facilite el accionamiento a través del manillar, sin interferir en la función de dirección.



Imagen 22: Corte del chicote de freno para la reubicación del componente.

Con los componentes reubicados, se instala una palanca de freno en el manillar, similar a la utilizada en bicicletas. La palanca se fija mediante abrazaderas o soportes diseñados específicamente para este propósito, garantizando un montaje firme y ergonómico. Durante esta etapa, se realiza un ajuste preliminar para asegurar que la palanca se active con facilidad y que su recorrido permita transmitir la fuerza necesaria al mecanismo de frenado. (Imagen 23)



Imagen 23: Adaptación del freno al manillar.

Finalmente se conecta el chicote de freno, o cable de freno, desde la palanca instalada en el manillar hacia el mecanismo de frenado del vehículo. Esta conexión se realiza utilizando conectores y guías que aseguran que el cable se mantenga tenso y sin obstrucciones en su recorrido. El proceso incluye la fijación del extremo del cable en la palanca y la adaptación del trayecto para llegar al sistema hidráulico o mecánico de frenado que ya se encuentra en la parte del vehículo. Se verifica que la trayectoria sea la óptima para garantizar una transmisión uniforme de la fuerza.

6.4 Integración Estructural y Adaptación de Sistemas Funcionales

Durante esta fase del proyecto, se realizan diversas actividades que permiten avanzar en la transformación de la base del go-kart a una configuración de tres ruedas, enfocándose especialmente en la integración de los sistemas de dirección y frenos. El proceso se ejecuta mediante una serie de intervenciones técnicas en la estructura, las cuales se llevan a cabo siguiendo rigurosos procedimientos de corte, preparación, modificación y ensamblaje, con el fin de obtener un prototipo funcional y estéticamente armonioso como se muestra en la imagen 24.



Imagen 24: Intervenciones técnicas para la fase final del prototipo.

En primer lugar, se procede al corte de la carcasa de lámina y de las bases estructurales del go-kart. Para ello, se emplean herramientas específicas como el esmeril y el disco de corte. Durante esta etapa, se presta especial atención a mantener las dimensiones y formas requeridas, a pesar de que en el diseño inicial se cuenta únicamente con bocetos a mano. El corte meticuloso de la lámina y la base es fundamental para garantizar que las piezas resultantes se integren adecuadamente en el nuevo ensamblaje, ya que cualquier imprecisión podría afectar la estabilidad del vehículo. Una

vez cortadas, las piezas son verificadas y marcadas para identificar los puntos críticos que necesitarán refuerzos o modificaciones adicionales en fases posteriores.

Posteriormente, el equipo se enfoca en la preparación de la estructura de la bicicleta que servirá como referencia para parte del ensamblaje. Este componente se prepara para la soldadura, lo que implica un proceso de limpieza y ajuste en las superficies de contacto. Se utilizan técnicas manuales para lijar y acondicionar la estructura, garantizando que las uniones sean sólidas y duraderas. La incorporación de esta estructura de bicicleta ofrece una ventaja considerable, ya que su diseño provee una base liviana y de fácil manipulación, facilitando la integración con los demás componentes del vehículo. La adaptación se realiza con la convicción de que cada elemento debe conectarse de manera precisa para optimizar la transmisión de fuerzas y la estabilidad general del prototipo.

Otro aspecto importante de esta fase es la modificación de la base del motor con un enfoque estético. Aunque la principal función del motor es propulsar el vehículo, su integración en el nuevo diseño también tiene un fuerte impacto visual. En este sentido, se realizan ajustes en la base del motor, modificando su forma y posición para lograr un diseño más armonioso y coherente con la estética general del vehículo. Esta intervención busca mejorar tanto la funcionalidad como la apariencia del prototipo, lo cual es esencial cuando se busca un diseño innovador y atractivo.

Paralelamente, se procede a la preparación e integración del sistema de frenos y del sistema de aceleración adaptados al manubrio. Este proceso consiste en modificar el sistema de frenado original para que se active desde el manubrio, tal como ocurre en los sistemas de frenos de bicicleta. Se corta el chicote de freno antiguo y se reubican los componentes necesarios, permitiendo que el mecanismo se integre de forma ergonómica en el manubrio. La instalación se realiza mediante abrazaderas y soportes específicos, que aseguran que el cable de freno tenga un

recorrido óptimo desde la palanca hasta el mecanismo de frenado del vehículo. De igual forma, se lleva a cabo la adaptación del sistema de aceleración, de modo que, al accionar los controles en el manubrio, se active la respuesta del motor de forma precisa y segura.

Durante todo este proceso, se utilizan diversas herramientas manuales y equipos de protección, tales como el esmeril, discos de corte, martillos, cinceles, pinzas de presión y extensiones. El uso riguroso de estos elementos, junto con el equipo de protección personal, garantiza la seguridad del operario y la calidad en el corte y ajuste de los componentes estructurales. Cada herramienta se utiliza en una etapa específica: los discos de corte y el esmeril se emplean para separar las piezas; el martillo y el cincel para ajustar y alisar las superficies; y las pinzas de presión para mantener las piezas en su lugar durante el proceso de soldadura o ajuste.

Cabe resaltar que la estructura final del diseño se basa en una imagen de referencia proporcionada por el equipo, la cual sirve como guía para establecer la distribución de los componentes y las modificaciones necesarias en el chasis. Esta imagen conceptual es fundamental, ya que orienta el proceso de diseño y asegura que se cumplan los parámetros estéticos y funcionales previstos para la conversión del go-kart.

6.5 Armado de proyecto

En esta fase decisiva, el equipo consolida todos los esfuerzos previos para transformar el go-kart en una trimoto funcional, integrando los sistemas de dirección y frenos adaptados, verificando cada subsistema y dejando lista la plataforma para las pruebas funcionales y el acabado estético. A lo largo de todo el proceso de construcción se utilizan herramientas manuales — esmeriles, discos de corte, martillos, cinceles, pinzas de presión y extensiones—, así como el equipo de protección personal correspondiente, garantizando la integridad de los operarios y la precisión en el mecanizado de cada componente.

Durante el montaje, se reutilizan partes de una bicicleta para erigir la estructura principal de la trimoto, propuesta diseñada por estudiantes de sexto semestre de ingeniería. Para ello, los alumnos se apoyan en el modelo digital generado en SolidWorks al inicio del proyecto, el cual sirvió de guía para alinear la forma general, las dimensiones críticas y la ubicación de los componentes clave. El resultado de este diseño superficial se presenta en la Expotrónica (Imagen 25), donde se ilustra el concepto de fusión entre bicicleta y motocicleta de tres ruedas.



Imagen 25: Trimoto armada.

Una vez completada la construcción estructural, se presta especial atención a la adaptación del sistema de dirección. A partir de un manillar de bicicleta, se efectúan cortes y se ajustan los soportes de fijación para garantizar un movimiento suave y ergonómico. La columna de dirección, el mecanismo de horquilla y los enlaces se ubican de forma tal que el giro del manillar se traduzca en un control inmediato de la rueda delantera, sin interferir con el resto de los sistemas.

De manera paralela, se culmina la integración del sistema de frenos. Tras cortar el chicote original, los estudiantes reubican el cable de freno, fijan el extremo a la palanca del manillar y canalizan el recorrido hacia el mecanismo hidráulico o mecánico instalado sobre el chasis. Gracias a la experiencia adquirida en proyectos anteriores, esta adaptación se realiza con gran fluidez, logrando una respuesta lineal y segura al accionar la palanca.

Con la estructura ensamblada y los sistemas de control en su lugar, el equipo revisa cada punto de unión, reaprieta pernos y verifica la alineación de la tercera rueda con herramientas de medición de alta precisión. Aunque la construcción propiamente dicha ha concluido, resta por ejecutar el trabajo estético y las pruebas funcionales. Estas últimas permitirán evaluar la seguridad, la estabilidad en distintas superficies y el comportamiento dinámico de la trimoto. Tras las pruebas de pista, se documentarán los resultados y se efectuarán los ajustes necesarios para afinar el rendimiento del prototipo antes de su presentación final.

Referencias

- [Microsoft Word - XIXCINIM_2012_Cientifico.doc](#)
- [content](#)
- Arce, M. (2017). Diseño y Desarrollo de un Vehículo de Tres Ruedas con Asistencia Eléctrica al Pedaleo. *www.academia.edu*. Recuperado de: https://www.academia.edu/33131524/Dise%C3%B1o_y_Desarrollo_de_un_Veh%C3%ADculo_de_Tres_Ruedas_con_Asistencia_El%C3%A9ctrica_al_Pedaleo
- Serna-Landivar, J. L., Violeta, R. S. M., Beatriz, R. M. A., M, M. D. M., Garcia-Alvarez, M. Y. G., Katy, S. A., & Anticona-Valderrama, D. M. (2023). *Propuesta de diseño estructural del vehículo de tres ruedas para el mejoramiento de la calidad de vida del ciudadano, Perú*. Recuperado de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/AUTO_cddf08cb9f030a8768382b9aab1f594c
- Alexander, C. a. M., & Juliana, V. G. Y. (2024, May 23). *Diseño y construcción de un prototipo de un vehículo de tres ruedas con tracción híbrida como alternativa de movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga*. Recuperado de: <https://noesis.uis.edu.co/items/2719f10f-e53e-416e-95d3-2a9b83a1267a>
- Menghini, M., Actis, M. D., Cavallin, B., & Martiarena, T. (2013). *Diseño estructural y sistema de suspensión y articulación de vehículo unipersonal de tres ruedas, con motores eléctricos con tecnología Brushless*. Recuperado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37713>
- Metalmecánica. (2024, August 21). Nuevos materiales y aleaciones transforman la industria automotriz. *Metalmecánica*. Recuperado

de:<https://www.metalmecanica.com/es/noticias/nuevos-materiales-y-aleaciones-transforman-la-industria-automotriz>

- Automotriz, I. Y. M. (2019, August 7). *ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS. INGENIERÍA Y MECÁNICA AUTOMOTRIZ*. Recuperado de:
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/analisis-de-elementos-finitos/>
- *Métodos de Elementos Límite (BEM): Revolucionando el Análisis Estructural en Ingeniería Automotriz*. (n.d.). Driving Your Dream. Recuperado de:
https://www.drivingyourdream.com/articulos/metodos-de-elementos-limite-bem-revolucionando-el-analisis-estructural-en-ingenieria-automotriz?utm_source=chatgpt.com
- Faros, G. (2024, April 16). *Fri-ma: Fundamentos de los Sistemas de Frenos en Motocicletas - Taller Actual*. Taller Actual. Recuperado de:
https://talleractual.com/mas-productos/moto-actual/tecnica-al-dia/14368-fri-ma-fundamentos-de-los-sistemas-de-frenos-en-motocicletas?utm_source=chatgpt.com
- Del Automóvil, T. (2025, February 12). Trazado de las curvas » Tecnología del Automóvil. *Tecnología del Automóvil*. Recuperado de: https://tecnologia-automovil.com/trazado-de-las-curvas/?utm_source=chatgpt.com
- Del Automóvil, T. (2025, February 12). Trazado de las curvas » Tecnología del Automóvil. *Tecnología del Automóvil*. Recuperado de: https://tecnologia-automovil.com/trazado-de-las-curvas/?utm_source=chatgpt.com
- Autoescuela en Huelva Tráfico Vial. (2024, September 12). *Cómo frenar y acelerar al trazar las curvas en moto*. Autoescuela En Huelva Tráfico Vial.

Recuperado de: https://www.traficovial.com/como-frenar-y-acelerar-al-trazar-las-curvas-en-moto/09/02/2024/?utm_source=chatgpt.com