

Diseño del Sistema de Dirección y Suspensión Para un VTH de Competencia 2023

Jhon F. Naranjo Perez y Javier O. Farigua Garcia

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Facultad de Ingeniería Mecánica

Ing. Edwin G. Medina Bejarano

Marzo 2023

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION Y GENERALIDADES	6
CAPITULO I.....	7
1. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE DIRECCION Y SUSPENSION DEL VTH.....	7
1.1 JUSTIFICACION.....	7
1.2 ANTECEDENTES.....	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.4 TIPO DE PROYECTO.....	10
1.5 OBJETIVOS.....	11
CAPITULO II	11
2 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LOS SISTEMAS DE DIRECCION, SUSPENSION PARA UN VTH DE COMPETICION 2023	11
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	20
CAPITULO III.....	20
3. SOLUCIONES EXISTENTES Y PRODUCTOS ANALOGOS	20
3.1. ANALISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES.....	20
3.2. ANÁLISIS DE PRODUCTOS ANÁLOGOS.....	22
3.3. CLASIFICACIÓN.....	24
CAPITULO IV.....	27
4. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS	27
4.1. DESIGNACIÓN DE SERVICIO.....	27
4.2. ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO.....	28
4.3. ESPECIFICACIONES DE MANUFACTURA.....	29
4.4. ESPECIFICACIONES DE FUNCIONALIDAD.....	30
4.5 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO.....	32
CAPITULO V.....	32
5. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS	32
5.1 DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS "A", "B", "C"	32
5.2. ANALISIS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS.....	35
CAPITULO VI.....	37
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y SUSPENSIÒN	37
6.1 DISEÑO DIMENSIONAL.....	37
6.2 DISEÑO VOLUMÉTRICO.....	42
6.3 MEMORIA DE CÁLCULOS.....	42
CAPITULO VII.....	55
7 RESULTADOS	55
7.1 TABLA DE MATERIALES.....	56
7.2 LISTA MAESTRA DE PLANOS.....	57

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Vehículos de tracción humana (vehículo VTH ETITC Colombia 2018)	8
FIGURA 2	Competencia Nacional de vehículos de tracción humana Cali Colombia 2019	9
FIGURA 3	Partes de la dirección	13
FIGURA 4	Desplazamiento correcto	14
FIGURA 5	Desplazamiento incorrecto	15
FIGURA 6	Ángulos de giro principio de Ackerman	15
FIGURA 7	Geometría del trapecio con los brazos de dirección hacia adentro	16
FIGURA 8	Decisión del ángulo del brazo de dirección mediante la proyección de los ejes	17
FIGURA 9	Ilustración de masa no suspendida y su relación con la masa suspendida.....	18
FIGURA 10	Diagrama de caja negra	30
FIGURA 11	Dimensionamiento sistema dirección.....	39
FIGURA 12	Radio de pivote	40
FIGURA 13	Esquema inicial de dimensiones generales del sistema de dirección	41
FIGURA 14	Sistema de coordenadas para análisis de fuerzas	43
FIGURA 15	Aplicación de las fuerzas.....	43
FIGURA 16	Fuerzas aplicadas a los ejes del VTH.....	44
FIGURA 17	Diseño estructural	47
FIGURA 18	Análisis de fuerzas que se ejercen sobre el mecanismo	47
FIGURA 19	Fuerzas que actúan sobre la rueda	48
FIGURA 20	Placa de dirección.....	50
FIGURA 21	Brazo de mando de dirección	50
FIGURA 22	Analisis Brazo de mando de dirección	51
FIGURA 23	Cabeza de articulación	54
FIGURA 24	Puntos de lubricado.....	55
FIGURA 25	Resultado del diseño	56

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 <i>Posición de la dirección, medidas aplicables a un VTH.....</i>	13
TABLA 2 <i>Matriz morfológica. Incluye soluciones a las funciones requeridas por los sistemas.....</i>	21
TABLA 3 <i>Análisis de productos análogos según la descripción de cada componente requerido.....</i>	24
TABLA 4 <i>Resultado de análisis de soluciones existentes de dirección aplicables a un VTH.....</i>	26
TABLA 5 <i>Matriz morfológica. Contiene recursos requeridos para los sistemas</i>	31
TABLA 6 <i>Alternativas propuestas en la matriz morfológica.....</i>	33
TABLA 7 <i>Matriz de alternativas.....</i>	33
TABLA 8 <i>Matriz de alternativas.....</i>	36
TABLA 9 <i>Datos de entrada.....</i>	38
TABLA 10 <i>Dimensionamiento sistema de dirección.....</i>	39
TABLA 11 <i>Características ruedas de dirección.....</i>	41
TABLA 12 <i>Resumen de fuerzas que se ejercen sobre los ejes del VTH</i>	46
TABLA 13 <i>Grado de confort en función de la frecuencia y periodo de oscilación.....</i>	52
TABLA 14 <i>Descripciones materiales utilizados.....</i>	56

LISTA DE SIMBOLOS

$\alpha =$	<i>angulo de giro de la rueda exterior</i>	o
$\beta =$	<i>angulo de giro de la rueda interior</i>	o
$\delta =$	<i>diferencia de angulos</i>	o
$w =$	<i>ancho de via</i>	mm
$d =$	<i>longitud de los brazos</i>	mm
$\beta =$	<i>angulo hacia adentro de los brazo de direccion</i>	o
$L1 =$	<i>Distancia del centro de gravedad a rueda delantera</i>	m
$L2 =$	<i>Distancia del centro de gravedad a rueda trasera</i>	m
$m =$	<i>masa del vehiculo</i>	kg
$D =$	<i>distancia entre centros</i>	mm
$FZ1 =$	<i>Fuerza vertical sobre el eje delantero</i>	N
$FZ2 =$	<i>Fuerza vertical sobre el eje trasero</i>	N
$Fyd =$	<i>Fuerza lateral en el eje delantero</i>	N
$Fyt =$	<i>Fuerza lateral en el eje trasero</i>	N
$R =$	<i>Radio de giro</i>	m
$V =$	<i>Velocidad del vehiculo</i>	m/s
$V =$	<i>Velocidad del vehiculo</i>	m/s
$\mu =$	<i>Coefficiente de friccion</i>	
$F =$	<i>fuerza o carga que se requiere soportar</i>	N
$T =$	<i>Periodo</i>	s
$F =$	<i>fuerza o carga que se requiere soportar</i>	N
$K =$	<i>es la constante de rigidez del muelle</i>	N/m
$g =$	<i>Gravedad</i>	m /s ²
$x =$	<i>Desplazamiento que sufre el muelle</i>	mm

INTRODUCCION Y GENERALIDADES

En este proyecto se muestra el diseño de un sistema de dirección y suspensión para un vehículo de tracción humana (VTH) de competencia; para la participación de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

Aquí se muestra la combinación de conocimientos y tecnologías donde se implementan la física de un vehículo, incluidas las fuerzas y los momentos que deben transmitirse entre este y la carretera para poder maniobrarlo con seguridad, eficacia y eficiencia.

Se diseña un sistema que brinde una conducción segura y cómoda, al mismo tiempo que proporcione excelentes características de manejo y rendimiento en una variedad de terrenos, este sistema es liviano y duradero. La dirección y suspensión se diseñan con tecnologías y materiales acordes a la necesidad y manteniendo al mismo tiempo la asequibilidad, maniobrabilidad y confiabilidad para garantizar un óptimo resultado en la competencia.

Se muestra también en detalle el paso a paso del proceso de diseño, así como la integración con los demás sistemas que hacen parte del vehículo y la selección de los materiales utilizados para garantizar el correcto funcionamiento en todas las circunstancias de la competencia.

Se desarrolla un estudio de las fuerzas que actúan sobre el vehículo para evaluar el comportamiento de este sobre la pista. Esto incluye factores como la distribución del peso, el centro de gravedad y los efectos de la inercia y el impulso, lo que garantiza que el sistema de suspensión y dirección trabajen en las mejores condiciones con el fin tener un excelente desempeño en la competencia.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE DIRECCION Y SUSPENSION DEL VTH.

1.1 JUSTIFICACION.

Una de las alternativas de grado de la Escuela Tecnológica Instituto técnico central, consiste en desarrollar un proyecto en donde se muestren todos los conocimientos adquiridos durante la carrera con el fin de implementarlos y hacerlos realidad basados en el diseño.

Se propone a la facultad de ingeniería mecánica el diseño de un vehículo de tracción humana de competición para participar en la competencia nacional 2023 en donde se resaltarán la conformación de un grupo de trabajo que desarrolle e integre cada uno de los componentes del vehículo, el cual debe ser diseñado en un conjunto general, dando a conocer el nivel de formación, habilidades de trabajo en equipo adquiridos en la institución educativa dejando en alto el nombre de la escuela.

1.2 ANTECEDENTES.

A continuación, se describen algunas competencias internacionales en las cuales participan estudiantes de ingeniería de diferentes universidades y carreras, mostrando algunas alternativas de diseño para una competencia de vehículos de tracción humana.

1.2.1 Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Humana Colombia 2018

El Concurso Nacional de Vehículos de Tracción Humana Colombia 2018 se llevó a cabo en Medellín, Colombia el 3 de junio de 2018. Fue organizado por la Universidad Pontificia Bolivariana con el fin de promover el uso de vehículos de tracción humana como medio de transporte amigable con el medio ambiente. La Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central participó con un vehículo diseñado con chasis de acero estructural para máxima resistencia, transmisión piñón-cadena para óptima potencia, sistema de frenos de disco para frenado seguro y posición reclinada para mayor ergonomía y seguridad. El vehículo también tenía un peso relativamente ligero para garantizar la resistencia y rigidez necesarias.

Figura 1

Vehículos de tracción humana (vehículo VTH ETITC Colombia 2018)



Nota. La figura muestra el prototipo presentado en la competencia desde una vista general.

Tomada (Jiménez, 2018)

1.2.2 Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Humana Cali Colombia 2019

IX Concurso Nacional de Vehículos de Tracción Humana se llevó a cabo en Cali, Colombia del 15 al 17 de noviembre de 2019. Fue organizado por la Universidad Autónoma de Occidente y estuvo abierto a estudiantes de todas las disciplinas. Constó de una etapa teórica online, una etapa teórica offline y una etapa práctica. En el concurso la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central participo con un diseño para proporcionar una versión optimizada de un vehículo impulsado por humanos para la competencia, con el objetivo de mejorar el sexto lugar de la competencia anterior. El diseño se basó en el conocimiento y la experiencia de la profesión de Ingeniería Mecánica, utilizando herramientas CAD y CAE. El vehículo y sus subsistemas fueron diseñados para ser optimizados, ligeros, cómodos y seguros para el piloto, reduciendo al máximo el peso.

Figura 2

Competencia nacional de vehículos de tracción humana Cali Colombia 2019



Nota. La figura muestra a los participantes que representaron a la ETITC. Tomada.

(Rodríguez, 2020)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Buscando que el vehículo VTH de competencia 2023, necesita de un sistema óptimo que garantice la conducción segura y una adecuada adherencia a la pista, es necesario estudiar los mejores sistemas que respondan a dichas condiciones teniendo en cuenta que se requiere dar solución al diseño de un vehículo de competencia VTH.

1.3.1 Reconocimiento de la necesidad.

Diseñar un vehículo que brinde una estructura de alta resistencia que soporte altas cargas, que sea eficiente y bien balanceado con un sistema de suspensión y dirección que permitan una buena maniobrabilidad de acuerdo con la reglamentación de la competencia.

1.3.2 Descripción del problema.

Establecer los requerimientos de diseño y de seguridad para el vehículo, de acuerdo a la normatividad vigente, proponiendo una solución de diseño para la dirección y la suspensión del vehículo, que satisfaga los requisitos de seguridad, rendimiento y durabilidad; de igual forma formar los criterios de selección de los componentes y materiales adecuados para el diseño de la

dirección y la suspensión, sin olvidar los procedimientos de diseño convenientes para el montaje e instalación de los componentes y materiales seleccionados, elaborando un plan de pruebas para evaluar el diseño, rendimiento y durabilidad del vehículo.

1.3.3 Identificación del problema

- Establecer el radio de giro del prototipo.
- Definir la geometría del sistema dirección – suspensión.
- Considerar las condiciones de seguridad para garantizar el control del vehículo.

1.3.4 Formulación del problema

En general se generan los siguientes interrogantes:

¿Cómo garantizar el radio de 6 metros de giro mínimo, para el vehículo de acuerdo con lo establecido en la norma de la competencia?

¿Cómo definir la geometría de la dirección y suspensión del vehículo VTH?

¿Qué aspectos debemos considerar para garantizar la seguridad del sistema de dirección y suspensión del VTH?

1.4 TIPO DE PROYECTO.

Según el acuerdo 02 del 22 de abril de 2022 Por el cual se expide y adopta el Reglamento de Trabajos de Grado para los programas del nivel Profesional Universitario de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central este trabajo se caracteriza como: “Desarrollo Tecnológico” (primera modalidad literal – A), ya que refleja la aplicación de conocimientos teórico- prácticos en la solución a de un problema a través del diseño de un artefacto.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo General.

Diseño de un sistema de dirección y suspensión para un Vehículo de Tracción Humana (VTH).

1.5.2 Objetivo Específicos.

- Establecer cuál debe ser la geometría y configuración del sistema de dirección -suspensión que garanticen el radio máximo de giro requerido en la competencia.
- Diseñar y calcular el tamaño y posición de todo el mecanismo de dirección-suspensión para el VTH 2023 de competencia.

1.5.3 Alcance.

- Diseño de los sistemas de suspensión y dirección para un VTH de competencia compatible e integrado con los demás sistemas del vehículo.
- Documentación escrita del proceso de diseño.
- Especificaciones técnicas y detalladas de los componentes del sistema, útiles para procesos de diseño.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LOS SISTEMAS DE DIRECCION Y SUSPENSION PARA UN VTH DE COMPETICION 2023

En el capítulo se verá la teoría la cual soporta el desarrollo del proyecto.

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.1 Generalidades de los Sistemas de Dirección y Suspensión VTH:

Un VTH posee un mecanismo de dirección que permite al conductor guiar con seguridad y precisión las ruedas delanteras. El uso de materiales de alta calidad como el acero y el aluminio ofrecen una dirección suave y precisa ya que son materiales resistentes y/o livianos. El sistema de suspensión absorbe los impactos del terreno y las vibraciones de la carretera, asegurando al mismo tiempo el contacto constante de las ruedas con el suelo. Se prioriza el rendimiento y las características

técnicas del sistema de suspensión, garantizando la comodidad y versatilidad a la hora de la conducción del vehículo.

2.1.2 Marco Teórico.

Para diseñar sistemas de dirección y suspensión para un VTH es importante considerar los siguientes conceptos:

1. Dinámica de vehículos: Se refiere al estudio de cómo se mueven los vehículos, incluidas las fuerzas que actúan sobre ellos.
2. Geometría de Suspensión: Este es el estudio de los ángulos, formas y otras características físicas de los componentes de la suspensión.
3. Transferencia de peso: Las fuerzas que actúan sobre el vehículo cuando acelera, frena y gira pueden hacer que el peso se desplace de extremo a extremo del vehículo.
4. Calidad de conducción: Las características del sistema de suspensión, como la velocidad de los resortes y la amortiguación, pueden afectar cómo se siente el vehículo para el conductor.

2.1.2.1 Sistema de Dirección.

La dirección se refiere al sistema mecánico que permite al conductor controlar la trayectoria del vehículo.

Se compone típicamente de tres elementos principales: Columnas de dirección, manguetas de dirección y tirante. Las columnas de dirección permiten la interfaz entre el piloto y el vehículo están conectadas a las manguetas, las cuales están unidas entre sí por medio de articulaciones de rotula independientes con el tirante lo que permite al conductor girar las ruedas desplazando las columnas partiendo de un punto. Las ruedas están sujetas a las manguetas de dirección por medio de un eje el cual permite la rotación, la sujeción del sistema al chasis es por medio de tenedores en el cual se ensambla las manguetas y el sistema de suspensión proporcionando una dirección suave.

Figura 3*Partes de la dirección*

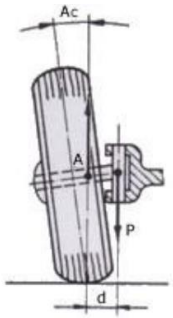
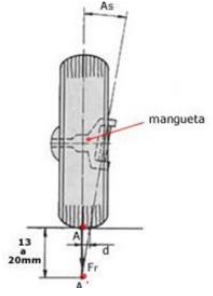
Nota. Componentes de un sistema de dirección convencional. Tomada (Mecánico Nitro ,2020).

2.1.2.2 Geometría de Dirección.

La geometría de dirección es el estudio de la posición de los componentes de un sistema de dirección de vehículos, en particular los componentes relacionados. Esto incluye geometrías como el ángulo del eje de dirección, el radio de giro, etc. Este diseño de dirección es importante para garantizar la estabilidad, seguridad y rendimiento óptimo de un vehículo.

Tabla 1*Posición de la Dirección, medidas aplicables a un VTH*

GEOMETRIA Y ANGULOS DE LA DIRECCION			
COTAS DE DIRECCION	CONCEPTO	CARACTERISTICAS	RANGOS DIMENSIONALES
Avance de pivote ò Angulo de avance	<p>vista lateral</p>	Disminuye las fuerzas que actúan en contra sobre las manguetas y sus pivotes. Ejerce un efecto de arrastre similar al de las ruedas de carritos de supermercado	
Convergencia Divergencia	<p>vista superior</p>	<p>Convergencia = estabilidad direccional en línea recta. Disminuye la velocidad máxima</p> <p>Divergencia= mejor facilidad en giro</p>	<p>NEUTRO</p> <p>Convergencia máxima de 2 mm ò según lo arrojado en pruebas de manejo.</p>

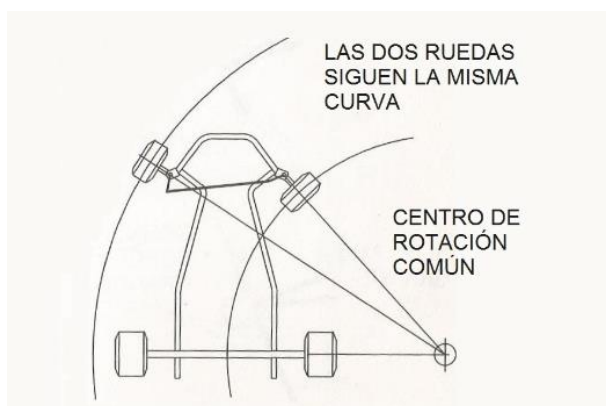
<p>Angulo de caída</p>	 <p>Vista frontal</p>	<p>Disminuye el esfuerzo que hay que hacer en el volante</p>	<p>Normalmente se usa entre 0 y 2 grados positivos</p>
<p>Angulo de salida (As)</p>		<p>Reducir el esfuerzo para orientar las ruedas. Disminuir el ángulo de caída, para mejorar el desgaste de los neumáticos. Favorecer la reversibilidad de la dirección.</p>	

2.1.2.3 Geometría de Ackerman

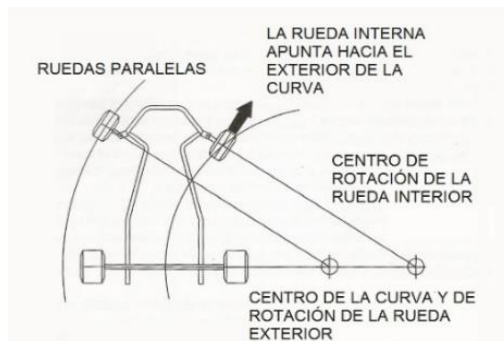
El sistema de dirección de un vehículo asegura una conducción segura al permitir el cambio de dirección sin deslizamiento de las ruedas. Esto se logra aplicando la geometría de Ackermann, que implica que las ruedas interna y externa describan radios diferentes en su trayectoria para compensar el ancho de la trocha. Esto permite que el vehículo tome curvas sin desplazamiento.

Figura 4

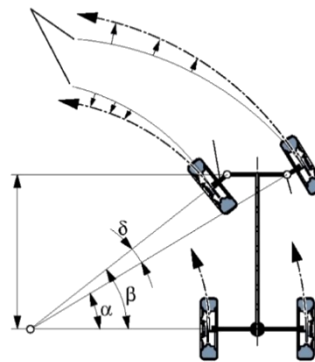
Desplazamiento correcto



Nota. La figura muestra como las dos ruedas siguen La misma curva. Tomada (Vroomkart Spain,2017)

Figura 5*Desplazamiento incorrecto*

Nota. La figura muestra como las dos ruedas no siguen la misma curva. Tomada. (Vroomkart Spain,2017)

Figura 6*Ángulos de giro principio de Ackerman.*

Nota. La figura muestra los ángulos generados a partir del centro. Tomada. (Ingeniería y mecánica automotriz, 2019)

Donde:

$\alpha = \text{angulo de giro de la rueda exterior}$

$\beta = \text{angulo de giro de la rueda interior}$

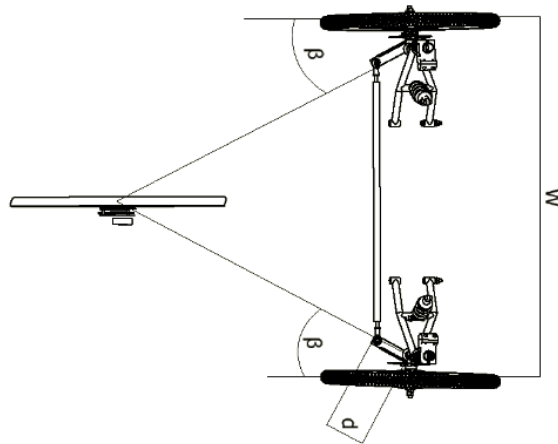
$\delta = \text{diferencia de angulos}$

Las ruedas tienen un comportamiento diferente durante una curva, donde la rueda interna describe un ángulo de dirección mayor que el ángulo que forma la rueda exterior. Esto se debe a que, si las ruedas estuvieran paralelas durante la curva, solo una de ellas generaría tracción sobre el suelo, por lo que no sería seguro para el manejo.

La geometría de Ackerman se usa para recrear estos ángulos teóricos de forma eficiente, conectando barras de acople y brazos de dirección para formar un paralelogramo aproximado.

Figura 7

Geometría del trapecio con los brazos de dirección hacia adentro



Nota. La imagen muestra los ángulos generados de los brazos para garantizar un buen giro Tomada. (Propia, 2023)

Donde: $w =$ ancho de vía

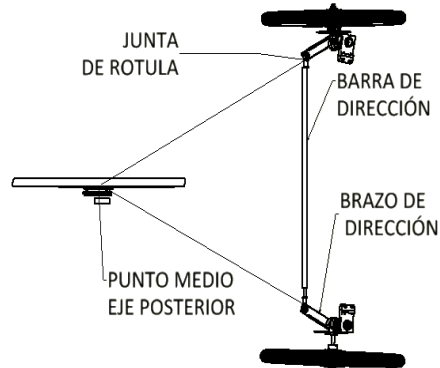
$d =$ longitud de los brazos

$\beta =$ ángulo hacia adentro de los brazo de direccion

La teoría de Ackerman sugiere que los ángulos de las ruedas deben ser óptimos para garantizar la mejor estabilidad y tracción al manejar una curva. Para lograr esto, los brazos de dirección se proyectan hasta que se corten en el punto medio del eje posterior. Esto genera un ángulo β que se usa para determinar el ángulo óptimo de las ruedas en relación con la Curva.

Figura 8

Decisión del ángulo del brazo de dirección mediante la proyección de los ejes.



Nota. La imagen muestra los brazos proyectados al eje trasero. Tomada (Propia, 2023)

2.1.3 Sistema de Suspensión

La suspensión de los vehículos es un tema de gran importancia para los conductores, ya que es una de las principales características que determinan el comportamiento del vehículo y su seguridad en la carretera. En esta investigación se aborda la suspensión de los vehículos incluyendo su historia, tipos y evolución los cuales presentan los conceptos teóricos fundamentales concernientes a la suspensión del VTH.

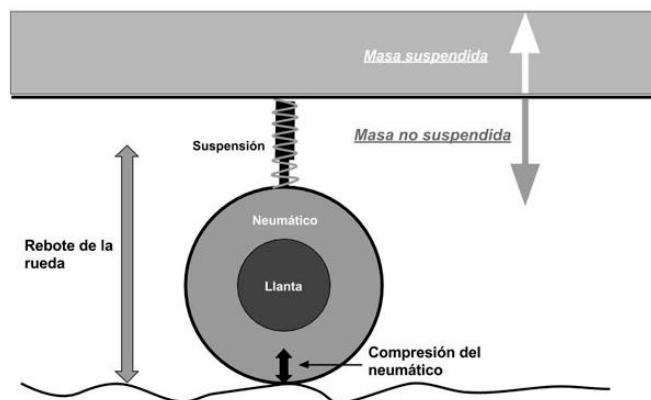
La suspensión es el sistema mecánico diseñado para absorber las irregularidades del terreno, así como para aislar al conductor de las vibraciones generadas por la vía.

El propósito del sistema de suspensión no es otro que absorber las reacciones que se producen en las ruedas debido a las desigualdades del terreno, adicional a esto, mantiene la estabilidad del vehículo. Otra función principal dentro del conjunto del vehículo es aislarlo de vibraciones generadas por las condiciones de la vía en procura de la maniobrabilidad a la vez que debe garantizar que la rueda se mantenga adherida al suelo en todo momento como factor fundamental en la seguridad del piloto.

Es esencial que se entienda el concepto de masa suspendida y masa no suspendida al tratar sobre sistemas de suspensión, ya que la suspensión se compone de cadenas cinemáticas que conectan las masas suspendidas con las masas no suspendidas con el objetivo de obtener mejoras en el manejo, como las ya mencionadas.

Figura 9

Ilustración de masa no suspendida y su relación con la masa suspendida.



Nota. En la imagen se muestran las diferentes masas que actúan en una suspensión. Tomada.

(Revista KM77. (S/F))

Se hace referencia a la masa suspendida a los elementos que soporta el sistema de suspensión y la masa no suspendida es toda aquella que se encuentra debajo del sistema de suspensión como las ruedas, rines, entre otros.

2.1.3.1 Elementos Flexibles y Amortiguadores

Elementos flexibles y amortiguadores para un sistema de suspensión son componentes físicos que absorben el impacto y distribuyen la carga de manera uniforme. Estos elementos incluyen muelles, resortes, amortiguadores y neumáticos, cada uno con funciones específicas. Los muelles proporcionan la fuerza para sostener el peso del vehículo y proporcionar una suspensión suave.

Los amortiguadores reducen las vibraciones y mejoran la estabilidad. Los neumáticos absorben las vibraciones y proporcionan una mejor adherencia al suelo.

2.1.3.1.1 Resorte en Espiral

Un resorte en espiral, también conocido como resorte o muelle, es un componente mecánico que tiene la capacidad de almacenar energía elástica cuando se deforma y luego liberarla cuando recupera su forma original. Está diseñado para absorber impactos, vibraciones o fuerzas aplicadas y devolverlas de manera controlada. Los resortes en espiral son ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones industriales y cotidianas debido a sus propiedades elásticas. Estos resortes están fabricados generalmente a partir de materiales como acero, acero inoxidable o aleación especial, lo que les permite mantener su forma original después de ser comprimidos o estirados. Los resortes en espiral pueden presentar diferentes formas y geometrías, como helicoidales (en forma de espiral), cónicos o torsionales, dependiendo de la función específica que deben desempeñar.

2.1.4 Marco Contextual.

En general el desarrollo de diseño del sistema de dirección y suspensión de un vehículo de tracción humana de competición es la participación de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central en la competencia nacional 2023 a través de la intervención de los estudiantes de ingeniería mecánica.

Es necesario estudiar cuidadosamente el diseño del VTH para asegurar que los componentes sean lo suficientemente resistentes para soportar el peso del vehículo y las distintas fuerzas que se presenten durante la competencia.

2.1.5 Marco Conceptual.

Debe abarcar varios aspectos importantes: Primero, se debe tener en cuenta el objetivo del proyecto, es decir, Diseño, de un sistema de suspensión y dirección para un VTH 2023 de competencia. Esto significa que los materiales, las características y las especificaciones del sistema deben cumplir con los requisitos necesarios para proporcionar una dirección y una suspensión adecuadas y segura.

2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Se definen los parámetros de diseño de acuerdo con reglamentos de la competencia nacional de vehículos de tracción humana 2023 haciendo énfasis a el sistema de dirección y suspensión.

- El vehículo debe estar diseñado con materiales de alta calidad y resistentes a los impactos.
- La adaptación del sistema de dirección y suspensión al chasis debe ser fácil.
- Se permite la utilización de manubrios y/o volantes de dirección.
- Se requiere que el vehículo cuente con un sistema de dirección, el cual permita una buena maniobrabilidad
- El radio de giro mínimo de 6 metros.
- Las directrices serán en las dos ruedas delanteras
- Se permiten los sistemas de suspensión convencionales como resortes o amortiguadores.
- Se requiere que los sistemas de suspensión sean capaces de absorber los impactos resultantes de los caminos accidentados.
- El vehículo debe ser lo suficientemente ligero para poder ser manejado fácilmente.
- El vehículo debe tener un diseño aerodinámico para mejorar su estabilidad.

CAPÍTULO III

3. SOLUCIONES EXISTENTES Y PRODUCTOS ANALOGOS


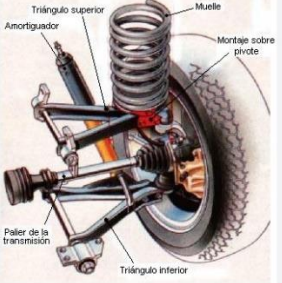

En el capítulo se verán soluciones de dirección y suspensión que aplican vehículos de competencia de tracción humana

3.1. ANALISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES

Tabla 2

Matriz morfológica. Incluye soluciones a las funciones requeridas por los sistemas.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	ENLACES RELACIONADOS
<p>1A</p> <p>Sistema de dirección de barra de torsión</p>	<p>Esta solución es una de las más populares para vehículos de tracción humana. El sistema consiste en una barra de torsión conectada a la dirección y los manillares, que se usan para accionar el volante. Esta solución proporciona un control preciso y suave, y se puede ajustar fácilmente para adaptarse a varias necesidades de carretera.</p>		<p>https://1.bp.blogspot.com/-</p>
<p>2A</p> <p>Sistema de dirección de barras laterales</p>	<p>Esta solución se ha convertido recientemente en una de las más populares para vehículos de tracción humana. El sistema consiste en una cadena de plástico que se conecta a la dirección y los manillares. Esta solución es ligera, barata y fácil de instalar, pero puede no ser tan precisa como una barra de torsión.</p>		<p>https://www.google.com/imgres?</p>
<p>3A</p> <p>Sistema de dirección de cremallera</p>	<p>Este tipo de sistema generalmente sincroniza la rotación del piñón con la rueda dentada para que el giro de la dirección sea más fácil. Un sistema de dirección de cremallera es uno de los sistemas más duraderos que hay actualmente. Esto es debido a que no se desgasta con facilidad como los sistemas basados en engranajes.</p>		<p>https://www.nitro.p/e/images/2017/agos-to/cremallera_direccion.jpg</p>
<p>4A</p> <p>Sistema de dirección de rótula</p>	<p>Se utiliza una serie de rótulas universales y cojinetes esféricos para permitir que las ruedas de un vehículo se muevan libremente en dos ejes. Por lo general, se encuentran en automóviles y camiones que tienen suspensión independiente.</p>		<p>https://2.bp.blogspot.com/-uE7J-_IAYHU/XLb41p7bxcl/AAAAAAAAAFRY/1CLvXsvSpqcwBoiVxW4B5URa1-CGEiDEACLcBGAs/s1600/3.jpg</p>
<p>1B</p> <p>Sistema de suspensión de</p>	<p>Esta solución es ideal para vehículos de tracción humana. El sistema consiste en una horquilla de ballesta que se conecta a la dirección y la suspensión. Esta solución proporciona una conducción suave y un alto nivel de amortiguación,</p>		<p>https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fingemecanica.com</p>

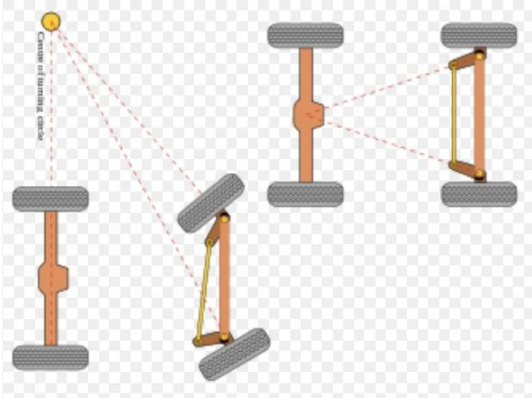


horquilla de ballesta	lo que la hace ideal para usuarios exigentes.		
2B Sistema de suspensión de amortiguador	Esta solución se ha convertido en una de las más populares para vehículos de tracción humana. El sistema consiste en un resorte conectado a la dirección y la suspensión. Esta solución es barata y fácil de instalar, pero puede no ofrecer la misma cantidad de amortiguación que una horquilla de ballesta.		https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.diariomotor.com
3B Sistema de suspensión de resorte	<p>Los resortes de suspensión son responsables de proteger el vehículo y garantizar su estabilidad durante la conducción.</p> <p>La función que cumple es asumir las imperfecciones del terreno garantizando un buen confort al conducir.</p>		https://www.partesdel.com/partes_del_sistema_de_suspension.html
4B Sistema de suspensión de resorte de aire	Los amortiguadores de aire ofrecen una mejor estabilidad y comodidad de conducción, especialmente en circunstancias de tráfico denso, ya que pueden ajustarse automáticamente a las variaciones del camino.		https://fabioairsprings.com/es/noticias/tipos-de-resortes-de-aire



3.2. ANÁLISIS DE PRODUCTOS ANÁLOGOS.

Los sistemas de dirección y suspensión para vehículos de tracción humana son una de las partes más críticas del vehículo. El diseño del sistema es importante para asegurar que el vehículo sea cómodo, seguro y fácil de controlar. Existen varios productos análogos disponibles en el mercado para ayudar a los fabricantes a diseñar sistemas de dirección y suspensión para vehículos de tracción humana. Se denominan análogos porque son estructuras que tienen un cierto parecido o semejanza al objeto que se busca desarrollar. Estos productos incluyen:

Tabla 3

Análisis de productos análogos según la descripción de cada componente requerido.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	ENLACES RELACIONADOS
Ruedas de dirección	Estas ruedas se usan para controlar la dirección del vehículo y están disponibles en varios tamaños y materiales. Las ruedas de dirección deben ser lo suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de dirección y mantener el vehículo estable.		https://images.app.goo.gl/jc7RRYi1WUT7Dni87
Muelles de suspensión	Estos muelles se usan para absorber los golpes y vibraciones del camino. Están disponibles en varias formas y materiales para satisfacer las necesidades de los usuarios	<p style="text-align: center;">Tipos de muelles</p>  <p style="text-align: center;">Normal Con paso entre espiras variable Cónico</p>	https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fingemecanica.com
Amortiguadores	Los amortiguadores se utilizan para absorber la energía de los movimientos del vehículo y evitar que los pasajeros sean sacudidos. Están disponibles en varios tamaños, formas y materiales para satisfacer las necesidades de los usuarios		https://www.google.com

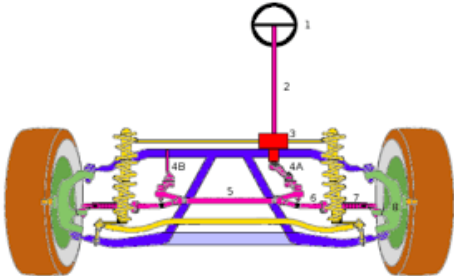
Ruedas de tracción	Estas ruedas se usan para proporcionar el impulso al vehículo y están disponibles en varios tamaños y materiales. Las ruedas de tracción deben ser lo suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de tracción y mantener el vehículo estable.		https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fco.
Cubiertas	Estas cubiertas se usan para proteger los componentes de la suspensión del polvo y la suciedad. Están disponibles en varios tamaños y materiales para satisfacer las necesidades de los usuarios		https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Farticulo.mercadolibre.com.co

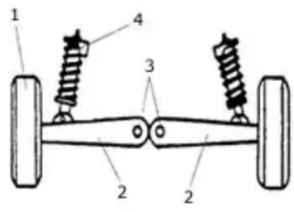
3.3. CLASIFICACIÓN.

Los sistemas de dirección y suspensión para vehículos de tracción humana se clasifican en:

Tabla 3

Sistemas de Dirección y suspensión aplicables a un VTH.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	ENLACES RELACIONADOS
Dirección Tradicional	Esta es la dirección más común en los vehículos de tracción humana. Utiliza una barra de dirección para permitir al usuario controlar el vehículo		https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ftuteorica.com

Sistema de Suspensión	Estos sistemas ayudan a amortiguar el movimiento de los vehículos de tracción humana, absorbiendo los golpes y absorbiendo la energía producida por los terrenos irregulares.	 <p>1.- Ruedas 2.- Semieje 3.- Articulación 4.- Muelle y amortiguador</p>	https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcomo-funciona.co
-----------------------	---	---	---

3.3.1. Características.

Para el diseño del sistema de suspensión y dirección del VTH, se deben tener en cuenta algunas características que soporten el diseño de los dos mecanismos con el fin de brindar seguridad y un óptimo desempeño tanto del vehículo como del conductor.

- Debe ser lo suficientemente resistente, para soportar la vibración y los impactos del terreno.
- Suficientemente ligero y eficiente, para brindar una mejor maniobrabilidad al usuario sin gastar demasiada energía.
- El sistema de dirección debe garantizar una conducción suave y precisa en cualquier terreno.

3.3.2. Criterios de análisis.

- Análisis de los componentes del sistema de dirección y suspensión: Esto incluye el análisis de la eficiencia, durabilidad, facilidad de mantenimiento y resistencia a impactos.
- Análisis de la geometría del sistema de dirección y suspensión: Esto incluye el análisis de los ángulos de giro, la relación de la dirección, el recorrido de la dirección y la altura de la suspensión.
- Análisis de la rigidez de las partes del sistema de dirección y suspensión: Esto incluye el análisis de la rigidez de los brazos, los ejes y los muelles.

- Análisis del comportamiento dinámico del sistema de dirección y suspensión: Esto incluye el análisis de la respuesta del sistema a diferentes condiciones dinámicas, como irregularidades en el terreno, curvas cerradas y aceleración.
- Análisis de seguridad: Esto incluye el análisis de los posibles riesgos de seguridad para los usuarios del vehículo, como el riesgo de deslizamiento, choque con objetos fijos, colisión con otros vehículos, etc.

3.3.3. Resultados del Análisis.

En la tabla número cuatro, se muestran los indicadores clave de rendimiento junto con su correspondiente ponderación, donde se refleja la importancia de cada indicador y se le asigna un peso específico teniendo en cuenta los criterios del diseño los objetivos establecidos y así obtener una puntuación y establecer el mecanismo de dirección y suspensión acorde con los criterios.

Para la puntuación 5: El mecanismo tiene una relación fuerte con el criterio, cumple plenamente.

Para la puntuación 3: El mecanismo tiene una relación media con el criterio, quiere decir que el mecanismo puede ser mejorado frente a las exigencias del criterio de evaluación.

Para la puntuación 1: El mecanismo tiene una relación débil con el criterio de evaluación, en este caso el mecanismo no está acorde a las exigencias del criterio de evaluación en sus mejores condiciones.

El puntaje total de cada mecanismo se obtiene de la sumatoria de el puntaje asignado (5,3,1) por el peso asignado al criterio.

Tabla 4

Resultado de análisis de soluciones existentes de dirección aplicables a un VTH.

CRITERIO	Peso específico	MECANISMO					
		Dirección Barra de torsión	Dirección de barras laterales	Dirección cremallera	Dirección de rotula	Suspensión horquilla ballesta	Suspensión de amortiguador
Peso	0.2	3	5	1	3	1	5

Fabricación	0.2	5	5	5	1	1	5
Costo	0.15	3	5	3	1	1	5
Rigidez	0.15	5	5	3	5	5	5
Seguridad	0.20	5	5	3	5	5	5
Desempeño	0.1	5	5	5	5	3	5
Puntaje total	1	4.3	5.0	3.2	3.2	2.6	5.0

En conclusión, la opción que mejor integra los criterios es el sistema de dirección de barras laterales se refiere a un conjunto de componentes que conectan cada rueda al sistema de dirección del vehículo. Este sistema está diseñado para permitir un control preciso y eficiente de cada rueda directriz. Además, se integrará con una suspensión independiente para cada rueda directriz, donde se proporcionará un movimiento vertical restringido y controlado mediante la acción de elementos elásticos estratégicamente ubicados.

CAPÍTULO IV

4. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS

Los sistemas de dirección y suspensión en un vehículo de tracción humana son importantes para proporcionar un manejo seguro y cómodo logrando cumplir con los requerimientos y especificaciones que la competencia exija adoptando mejoras con respecto al diseño anterior en lo que tiene que ver con la estabilidad, desempeño y velocidad, con el fin de proporcionar un mejor resultado.

4.1. DESIGNACIÓN DE SERVICIO.

El vehículo de tracción humana se diseña como un prototipo destinado a participar en la Competencia Nacional de Vehículos de Tracción Humana. Sus características técnicas están enfocadas en lograr un vehículo competitivo y cumplir con las condiciones establecidas por la organización de la competencia. El sistema de dirección se diseñará teniendo en cuenta mandos de recorrido corto para permitir una respuesta inmediata por parte del piloto y una rápida respuesta del vehículo. En cuanto a la suspensión, se debe considerar su capacidad para mantener siempre

las ruedas en contacto con el suelo, priorizando la estabilidad y el control durante la competencia. Además, se buscará un equilibrio entre el rendimiento del vehículo y el confort del piloto, asegurando una experiencia de conducción óptima en términos de manejo y absorción de impactos.

4.2. ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO.

Sistema de dirección:

- Tipo de dirección: En un vehículo de tracción humana, la dirección es generalmente del tipo de manubrio. El manubrio se conecta a una columna de dirección que a su vez está conectada a una horquilla que sujeta la rueda delantera.
- Ángulo de giro: El ángulo de giro máximo varía según el diseño del vehículo, pero generalmente se encuentra entre 45 y 60 grados.
- Diámetro de giro: El diámetro de giro mínimo también varía según el diseño del vehículo, pero generalmente se encuentra entre 2 y 6 metros.

Sistema de suspensión:

- Tipo de suspensión: En los vehículos de tracción humana, la suspensión es generalmente del tipo rígido o semirrígido. Algunos vehículos pueden tener una suspensión de muelles o amortiguadores para proporcionar una conducción más suave.
- Altura de conducción: La altura de conducción varía según el diseño del vehículo, pero generalmente se encuentra entre 30 y 60 centímetros.
- Distancia al suelo: La distancia al suelo también varía según el diseño del vehículo, pero generalmente se encuentra entre 10 y 20 centímetros.
- Capacidad de carga: La capacidad de carga varía según el diseño del vehículo, pero generalmente se encuentra entre 100 y 200 kilogramos.

4.3. ESPECIFICACIONES DE MANUFACTURA.

Dirección:

- Utilizando materiales resistentes y duraderos como aluminio y/o acero, los cuales garantizan durabilidad, resistencia y versatilidad para el diseño de las piezas del sistema de dirección, como el eje de dirección, la cremallera y piñón, el manubrio o timón y el sistema de dirección asistida si se utiliza.
- Asegurarse de que las piezas del sistema de dirección estén correctamente alineadas y diseñadas, para garantizar un giro suave y fácil del vehículo.
- Usando una dirección de tipo manubrio o timón que sea cómoda y fácil de agarrar para el usuario.
- Diseñar el sistema de dirección de manera que sea accesible y fácil de reparar o ajustar en caso de ser necesario.

Suspensión:

- Utilizando componentes existentes que cumplan las características requeridas para el diseño de las piezas del sistema de suspensión, como los amortiguadores, los muelles y los brazos de suspensión.
- Asegúrese de que las piezas del sistema de suspensión estén correctamente diseñadas y configuradas para proporcionar una conducción suave y estable.
- Utilizando amortiguadores hidráulicos o neumáticos que sean capaces de absorber los impactos y vibraciones del camino.
- Diseñar la posición correcta para el sistema de suspensión con el fin de no alterar el óptimo desempeño del vehículo en cuanto al peso y estabilidad de este.

- Diseñar un sistema de suspensión de manera que sea accesible y fácil de reparar o ajustar en caso de ser necesario.

4.4. ESPECIFICACIONES DE FUNCIONALIDAD.

Mediante este análisis, se llevará a cabo la identificación de las funciones esenciales que deben ser desempeñadas por los sistemas de dirección y suspensión en el vehículo. Se tomarán en cuenta aspectos relacionados con los materiales utilizados y el flujo de información para satisfacer plenamente las necesidades y expectativas. De esta manera, se logrará simplificar el proceso de diseño al descomponer las funciones generales en tareas más específicas y detalladas.

A continuación, se presenta un diagrama de caja negra que representa el diseño de un sistema de dirección y suspensión para un vehículo de tracción humana

Figura 10

Diagrama de caja negra.



Nota. (Propia, 2023)

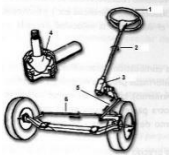





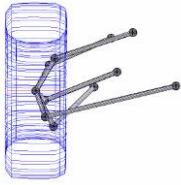
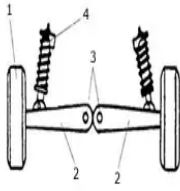
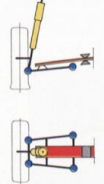

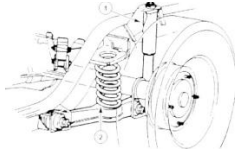
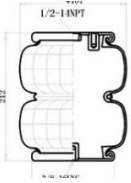
En este diagrama de caja negra, las entradas representan las especificaciones técnicas requeridas, las restricciones de diseño y las tecnologías e innovaciones a considerar en el diseño del sistema de dirección y suspensión.

El proceso interno involucra diversas etapas, como el diseño conceptual, la selección de materiales y la ingeniería de detalle. Estas etapas se llevan a cabo de acuerdo con los principios de ingeniería y las prácticas adecuadas para garantizar la calidad y el rendimiento del sistema.

Las salidas del proceso incluyen el sistema de dirección y el sistema de suspensión en que se compone de mecanismos específicos, como brazos de dirección, barras estabilizadoras, amortiguadores, muelles, entre otros. Además, se generan planos y especificaciones técnicas detalladas, listado de materiales que garanticen durabilidad y resistencia del diseño.

Tabla 5

Matriz morfológica. contiene recursos requeridos para los sistemas propuestos.

FUNCIONES		SOLUCIÓN		
		1	2	3
A	CONTROL	VOLANTE 	BRIDA 	BARRAS LATERALES 
		BARRAS DE DIRECCIÓN LATERALES 	BARRAS TIPO CREMALLERA 	BARRAS DE DOS PUNTAS 
C	ESTABILIDAD	BARRAS TIPO MULTI BRAZO 	BARRAS INDEPENDIENTES 	BARRA Mc PHERSON CON BRAZO INFERIOR RIGIDO 
		AMORTIGUADOR 	RESORTE 	BOMBA DE AIRE 

4.5 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO.

A continuación, se enuncian las especificaciones de los sistemas a tener en cuenta para su elección y características finales:

- Peso del vehículo incluyendo los sistemas de dirección y suspensión:
- Radio de giro efectivo: 8 metros máx.
- Desplazamiento de la suspensión: 30 mm

CAPÍTULO V

5. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS

El proceso de selección del concepto es fundamental para evaluar diferentes propuestas en función de criterios preestablecidos de desempeño servicio y soluciones existentes. En este proceso se analizan minuciosamente las fortalezas y debilidades de cada concepto y se elige uno para su posterior desarrollo.

5.1 DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS “A”, “B”, “C”

A través de la tabla 5 “matriz morfológica” se presentan las funciones fundamentales que deben ser desempeñadas por los sistemas, junto con las posibles soluciones a esas funciones que fueron previamente abordadas en el numeral 3.1 análisis de soluciones existente. Esta herramienta proporciona la capacidad de realizar combinaciones lógicas que permiten generar alternativas de sistemas para su posterior desarrollo y aplicación en el contexto del Vehículo de Tracción Humana (VTH).

Las soluciones específicas se encuentran detalladas en la matriz morfológica (Tabla 5), la cual se encuentra disponible en la sección previa para su referencia y consulta. En esta matriz, se establecen diferentes combinaciones de componentes, tecnologías y enfoques que pueden ser considerados para abordar las funciones requeridas por los sistemas del VTH.

Tabla 6

Alternativas propuestas de combinaciones de la tabla 5 “matriz morfológica”.

	ALTERNATIVA		
GRUPO	A	B	C
COMPONENTES	A3 – B1 – C3 – D1	A1 – B2 – C1 – D3	A2 – B3 – C2 - D2

5.1.1 Presentación de Alternativas

Se presentan tres alternativas para los sistemas de dirección y suspensión del VTH, en las cuales se consideran mediante un primer filtro cada uno de los sistemas dados a partir de diferentes combinaciones lógicas.

Tabla 7

Matriz de alternativas.

NOMBRE	ALTERNATIVA		
	A	B	C
COMPONENTES GENERALES	BARRAS LATERALES, BARRA DE DIRECCIÓN LATERALES, BARRAS INDEPENDIENTES, AMORTIGUADOR.	VOLANTE, BARRAS TIPO CREMALLERA, BARRAS TIPO MULTI BRAZO, BOMBA DE AIRE.	BRIDA, BARRAS DE DOS PUNTAS, RESORTE BARRA MC. PHERSON CON BRAZO INFERIOR RÍGIDO
DESCRIPCIÓN	Las barras laterales permiten al vehículo acelerar y girar con mayor seguridad en carreteras sinuosas. Esto también aumenta significativamente la estabilidad en superficies resbaladizas, reduciendo la posibilidad de volcaduras. Las barras de dirección laterales en un vehículo proporcionan apoyo estructural para los sistemas de dirección y suspensión, el amortiguador reduce el movimiento de arriba y abajo del pistón, lo que reduce la velocidad al absorber la energía cinética causada por los golpes del terreno.	El volante permite al conductor cambiar la dirección y el control del vehículo, las barras de dirección laterales se utilizan para proporcionar estabilidad y mejorar el manejo, especialmente en caminos con malas condiciones, barras tipo cremallera Están diseñadas para proporcionar estabilidad, absorción de golpes, amortiguación y dirección precisa durante el funcionamiento del vehículo.	El volante tipo brida está diseñado para sujetarse con una tuerca a la columna de dirección para transmitir la dirección al vehículo, las barras de dos puntas tienen el objetivo de reforzar la resistencia de los brazos de la suspensión, lo que ayuda a evitar que la suspensión se desplome después de los baches, barra Mc. Pherson con brazo inferior rígido esta conexión permitirá una respuesta inmediata de la suspensión cuando se encuentre con irregularidades en el camino.

	<p>en las barras independientes como su nombre lo dice permiten que los brazos de suspensión y dirección se muevan de manera independiente y los resortes de suspensión se comprimen cuando el vehículo pasa sobre algunas irregularidades en la carretera para absorber el impacto y luego se liberan para permitir una mejor estabilidad del vehículo.</p>		
CARACTERÍSTICAS	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor estabilidad en curvas. - Menor vibración y mejor comportamiento en carretera. - Mayor seguridad en caso de giro brusco o choque lateral. - Menor resistencia a la rodadura y por tanto mayor economía de combustible. - Mayor rigidez estructural, lo que ayuda a reducir las vibraciones y contribuye a aumentar la eficiencia en energía. - Mejora el comportamiento en los frenos. - Permite manejo cómodo, suave e intuitivo. - Mayor durabilidad de los componentes estructurales. - Facilidad de mantenimiento y aumento de la vida útil. 	<p>Ventajas</p> <p>Volante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permite una mejor maniobrabilidad - Proporciona mayor control y estabilidad - Ayuda al conductor a mantener el vehículo en la línea deseada durante la conducción <p>Barras independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Son ideales para transmitir fuerzas de torsión en dirección longitudinal. - Proporcionan una excelente respuesta dinámica, gracias a su menor longitud de absorción de vibraciones. - Tienen una excelente relación potencia/peso para su aplicación en vehículos. - Menor desgaste en comparación con los sistemas de cremallera tradicionales. - Ofrecen una facilidad de instalación y mantenimiento. - Proporcionan un alto grado de resistencia a la vibración, la corrosión y los daños mecánicos. 	<p>Ventajas</p> <p>Brida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La facilidad de instalación hace que la brida sea una buena opción para unir dos partes relativamente pequeñas, lo que resulta útil para unir un motor a una transmisión. - La construcción de metal sólido proporciona fuerza y resistencia para una unión a largo plazo. <p>Barras de dos puntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La forma de la barra de dos puntas ofrece algunas ventajas para la dirección, como un área mayor de la superficie de la bola añadiendo resistencia al giro de la rueda. - Las barras de dos puntas son más resistentes al desgaste, lo que significa menos necesidad de reemplazar la suspensión. <p>Barras independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Son más fáciles de sintonizar para un mejor comportamiento del vehículo, como un mejor manejo en curvas. - La instalación es relativamente fácil gracias a su diseño modular.

		<ul style="list-style-type: none"> - Se caracterizan por su durabilidad y una conexión sin holgura. Barras Tipo Multi Brazo: <ul style="list-style-type: none"> -Proporcionan una mejora significativa en la capacidad de dirección y control -Disminuyen el desgaste en las ruedas y los neumáticos -Mejoran la maniobrabilidad y el control en situaciones de conducción difíciles Bomba de aire: <ul style="list-style-type: none"> -Permite una transmisión eficiente del par motor -Reduce el desgaste en la transmisión y los ejes -Aumenta los niveles de rendimiento del motor y su durabilidad 	<p>Resorte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se pueden regular de manera sencilla para obtener una resistencia prefijada para absorber los impactos provenientes del camino. - Los resortes proporcionan una mejor suspensión para el vehículo, mejorando la estabilidad y la seguridad.
--	--	--	--

Nota. Se presentan tres alternativas de acuerdo con la selección en la matriz morfológica.

5.2. ANALISIS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS

5.2.1 Criterios de Análisis

La complejidad del mecanismo: Esto es importante para considerar en diferentes contextos, ya que puede influir en la efectividad del control y del funcionamiento general del sistema ya que presenta una fácil instalación, así como su mantenimiento a largo plazo.

Peso: El peso general del VTH puede afectar el rendimiento por lo cual el sistema. Seleccionado debe contener componentes que no adicione más peso que el estrictamente necesario para cumplir los requerimientos de estabilidad y seguridad.

Facilidad de manufactura: Al seleccionar los componentes, se deben considerar tanto la eficiencia mecánica como la facilidad de manufactura. Los componentes deben ser capaces de cumplir con las necesidades del sistema de dirección y suspensión, sin aumentar significativamente el costo ni la complejidad de la bicicleta.

Eficiencia del sistema: Un sistema eficiente y maniobrable de acuerdo con las condiciones de la competencia para lograr un alto rendimiento y maniobrabilidad y obtener buenos resultados.

Adaptabilidad: La Implementar del sistema seleccionado debe ser adaptativo a los otros sistemas del para reducir la complejidad del diseño de otros componentes.

Facilidad de consecución: Es recomendable la mayor cantidad de componentes comerciales y de fácil obtención sin que se requieran piezas a diseñar bajo pedidos especiales.

Costo: El costo de los componentes del sistema a implementar pueden influir en el sistema seleccionado sin embargo si no se compromete la función de los componentes y su resistencia el mecanismo cumpliría.

5.2.2 Ponderación de los Criterios de Análisis

(Esta ponderación, debe relacionarse con la importancia que tiene cada criterio en la decisión, esta ponderación se presenta en valor porcentual %)

- Complejidad del mecanismo: Ponderación 15%.
- Peso del sistema: Ponderación 20%
- Facilidad de manufactura: Ponderación 15%
- Adaptabilidad del sistema: Ponderación 5%
- Costo de componentes: Ponderación 5%
- Facilidad de consecución de componentes: Ponderación 15%
- Eficiencia del sistema: Ponderación 25%

5.2.3 Matriz de Decisión

Tabla 8

Matriz de alternativas.

		ALTERNATIVA					
		A		B		C	
CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	BARRAS LATERALES, BARRA DE DIRECCIÓN LATERALES, BARRAS INDEPENDIENTES, AMORTIGUADOR.		VOLANTE, BARRAS TIPO CREMALLERA, BARRAS TIPO MULTI BRAZO, BOMBA DE AIRE		BRIDA, BARRAS DE DOS PUNTAS, BARRA MC. PHERSON CON BRAZO INFERIOR RÍGIDO RESORTE.	
		CALIFICACIÓN	Evaluación ponderada	CALIFICACIÓN	Evaluación ponderada	CALIFICACIÓN	Evaluación ponderada
La complejidad del mecanismo	15 %	9	1.35	6	0.9	8	1.2
Peso	20 %	8	1.8	6	1.2	5	1.0
Facilidad de manufactura	15 %	9	1.35	6	0.9	7	1.05
Eficiencia del sistema	25 %	8	2.0	7	1.75	6	1.5
adaptabilidad	5 %	7	0.35	5	0.25	6	0.3
Facilidad de consecución	15 %	9	1.35	6	0.9	8	1.2
costo	5 %	9	0.45	4	0.2	7	0.35
total	100 %						
Evaluación total		8.65/10		5.1/10		6.6/10	
Posición respecto a la evaluación		1		3		2	

5.2.4 Resultados del Análisis de Alternativas

A partir de la matriz de decisión, se destaca que el concepto más valorado es la combinación de un sistema de dirección con barras laterales y un sistema de suspensión independiente con amortiguador. Estos sistemas cumplen con los criterios de selección establecidos. Sin embargo, Cada una de las acciones tiene implicaciones específicas que deberían ser consideradas durante el proceso de diseño y construcción del sistema los cuales podrían mejorarse durante el desarrollo del sistema, específicamente en la fase de configuración morfológica. Estas mejoras podrían consistir en la integración de elementos específicos de otros conceptos para lograr una solución que se ajuste aún más a los criterios establecidos

5.2.5 Selección de la Mejor Alternativa

La alternativa seleccionada para trabajar y desarrollar implica la utilización de elementos de dirección de barras laterales combinados con un sistema de suspensión independiente con amortiguador, que actúa como elemento de absorción de energía.

CAPÍTULO VI

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y SUSPENSIÓN

En el capítulo comprenderemos los elementos que se integran con sus respectivas características generando las concernientes especificaciones generales para hacer un conjunto que cumpla la necesidad de dirección y suspensión para el vehículo, estando acorde con los parámetros de funcionamiento.

6.1 DISEÑO DIMENSIONAL

Al diseñar es fundamental comenzar con la recopilación de datos de entrada que influirán en el funcionamiento y el tamaño del sistema. los cuales pueden provenir de varias fuentes, incluido el

trabajo realizado por otros grupos, así como de la investigación y los datos recopilados mediante la observación directa y la toma de medidas.

En una tabla 9, se presentan los parámetros iniciales, que servirán como punto de partida para el proceso de dimensionamiento del sistema. Estos parámetros iniciales incluyen información clave, normativas, recursos disponibles y los requisitos funcionales específicos del proyecto.

Tabla 9

Datos de entrada.

Datos de partida		
Parámetro	Valor	Unidad
Radio de Giro	4000 Max	mm
Longitud entre ejes	1235	mm
Longitud entre pivotes de la dirección	1031	mm
Masa total incluido 70 Kg piloto	120	Kg
Masa suspendida	90% peso total	Kg
Altura del centro de gravedad	440	mm
Altura mínima del Vehículo	130	mm
Recorrido de la suspensión	55	mm
Diámetro de las ruedas	23	pul
Masa en el eje delantero (%)	77	-
Masa en el eje trasero (%)	23	-

Dimensionamiento del sistema de dirección.

En este contexto se destaca la utilización de la geometría de Ackerman como base para diseñar el sistema de dirección, asegurando que los componentes se dimensionen correctamente. Además, se menciona que los datos fijos en el VTH, que reflejan las restricciones y especificaciones iniciales de diseño, serán tenidos en cuenta como elementos de entrada para garantizar la conformidad con los requisitos establecidos.

Tabla 10

Dimensionamiento sistema de dirección.

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Distancia entre el eje delantero y el eje trasero. (batalla)	D	1235	mm
Distancia entre ejes pivote de las ruedas.	W	1031	mm
Radio de Giro	R	3500	mm

En la tabla contiene datos relevantes para el cálculo de los ángulos de la geometría de dirección. Se destaca que el valor utilizado es menor a la mitad del requisito de diseño establecido por la competencia, lo cual garantiza que se cumplirá con el requisito de giro menor a 8 m. Además, se menciona la importancia de establecer el valor R1, que representa la distancia entre el centro de giro y el centro del eje posterior, utilizando una expresión específica.

$$R = \sqrt{(R_1^2 + D^2)} \quad (1)$$

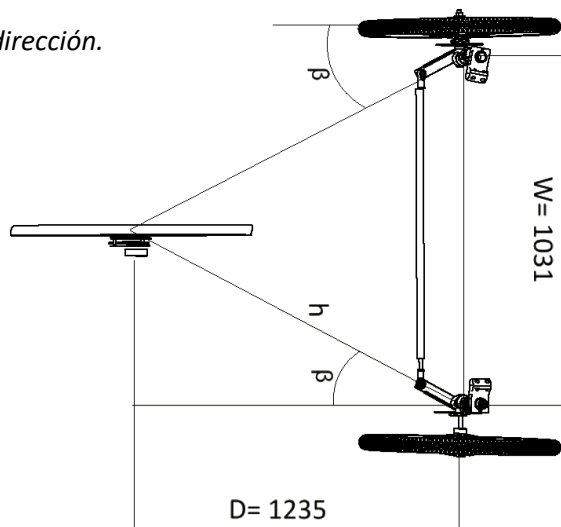
$$R_1 = \sqrt{R^2 - D^2}$$

$$R_1 = \sqrt{3500^2 + 1235^2} = 3274.8 \text{ mm}$$

En cuanto a la longitud de los brazos de dirección, primero se encuentra el ángulo β , prolongando los brazos de la dirección hasta el eje trasero, de acuerdo con las longitudes de entrada:

Figura 11

Dimensionamiento sistema de dirección.



Nota. (Fuente Propia, 2023)

$$h^2 = a^2 + b^2 \quad (2)$$

$$h = \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + D^2}$$

$$h = \sqrt{\left(\frac{1031}{2}\right)^2 + 1235^2}$$

$$h = 1338.26$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{CO}{h}\right)$$

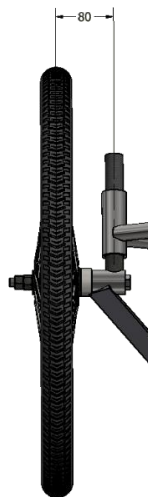
$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{515.5}{1338.26}\right) = 22.65^\circ$$

El eje de pivote central está relacionado con la radio de giro del vehículo y cómo se comportan las ruedas al girar. El ajuste y diseño adecuados de los ejes de pivote central son fundamentales para la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo.

Un mayor radio de pivote podría significar que la palanca generada por la fuerza de frenado en las ruedas tendría un mayor efecto de torsión en la mangueta de la dirección

Figura 12

Radio de Pivote.

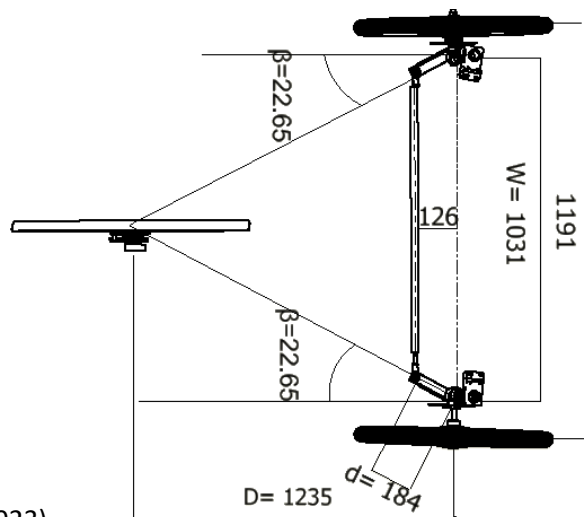


Nota. Ilustración distancia radio de pivote (Fuente Propia, 2023)

De esta manera, se obtienen unas dimensiones generales del sistema de dirección que se muestran en la figura 13 y que se adecuan a los requerimientos iniciales del sistema.

Figura 13

Esquema inicial de dimensiones generales del sistema de dirección

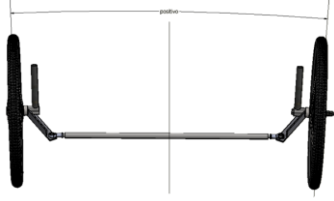
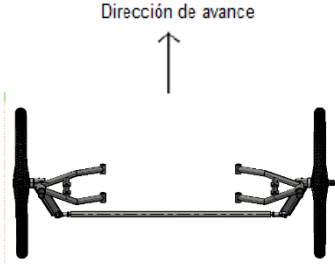
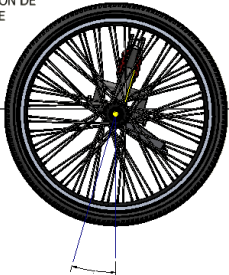


Nota. (Fuente Propia, 2023)

Verificando la tabla 1 referida a los ángulos de reglaje de las ruedas de dirección, se opta por utilizar las siguientes características especificadas en la tabla 11.

Tabla 11

Características ruedas de dirección.

ANGULO DE CAÍDA (CAMBER)	CONVERGENCIA/DIVERGENCIA	ANGULO DE AVANCE (CASTER)
 <p>Vista desde el frente del vehículo Camber positivo Max 5°</p>	 <p>Dirección de avance ↑</p> <p>Vista superior del vehículo convergencia igual Divergencia</p>	 <p>DIRECCION DE ADVANCE ←</p> <p>Angulo positivo Entre 10° y 16°</p>

Esta configuración proporciona suavidad en el manejo y menos desgaste de las llantas	La convergencia igual divergencia en la dirección facilitará los giros del vehículo y dará estabilidad en los tramos rectos	Disminuye las fuerzas que actúan sobre las manguetas y sus pivotes
--	---	--

6.2 DISEÑO VOLUMÉTRICO

Basándonos en las medidas generales del objeto y las nociones volumétricas proporcionadas por otros grupos de trabajo que se enfocan en diferentes sistemas, se establece un límite en el espacio disponible para los sistemas de dirección y suspensión. Estas restricciones del volumen son determinantes para definir el espacio que pueden ocupar estos sistemas.

Este volumen determinará las dimensiones de los elementos que se pueden incluir en los sistemas de dirección y suspensión, garantizando su adecuada integración dentro del vehículo.

6.3 MEMORIA DE CÁLCULOS

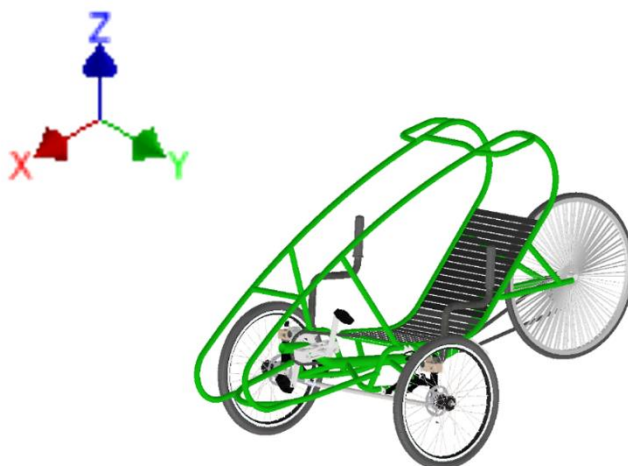
Los cálculos generales que influyen en los sistemas de dirección y suspensión dependen en gran medida de la definición, requisitos y especificaciones; entre estos aspectos se pueden incluir la capacidad de carga, el tipo de terreno, la comodidad del conductor, maniobrabilidad.

Para asegurarse de que la rueda siga un recorrido adecuado durante la compresión y extensión de la suspensión, se necesita realizar los cálculos geométricos de referencia necesarios para un vth, además, se establece un eje coordenado de referencia para los cálculos.

las conclusiones alcanzadas por otros de grupos de trabajo en el proyecto VTH. Debido a la falta de certeza en ciertos valores, se utilizan valores de referencia obtenidos a través de la observación o la consulta de trabajos realizados en entornos de competición de vehículos de tracción humana. Estos valores de referencia resultan útiles para obtener medición implementadas con cierto grado de precisión.

Figura 14

Sistema de coordenadas para análisis de fuerzas.

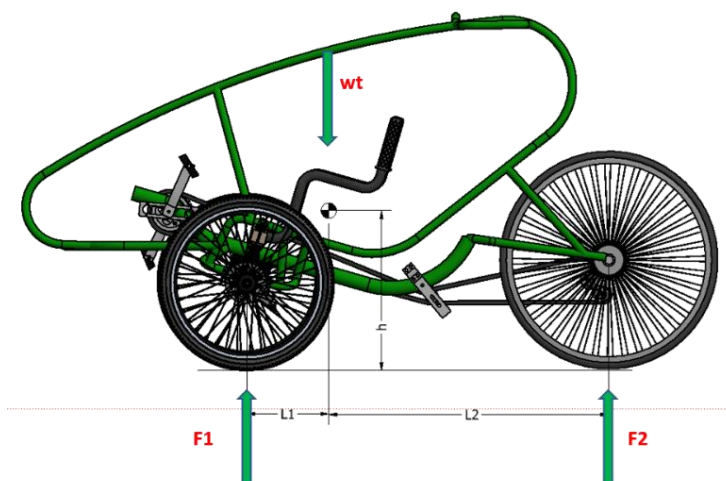


Nota. Sistema de coordenadas (Fuente Propia, 2023)

Las fuerzas que se generan en el sistema de dirección y suspensión del vehículo se determinan en función del peso total y el centro de masa del vehículo. A partir de estos datos, se realiza un cálculo general de las fuerzas normales o de reacción en respuesta a las fuerzas aplicadas. Además, se pueden calcular las fuerzas laterales del vehículo considerando la velocidad y el radio de giro. En algunos casos, se utilizan valores teóricos tomados de vehículos probados en competiciones.

Figura 15

Aplicación de las fuerzas



Nota. Distancias respecto al centro de gravedad (Fuente Propia, 2023)

Para:

L_1 y L_2 tomadas desde el centro de gravedad como se muestra en la figura 15

$$L_1 = 0.279m$$

$$m = 120Kg$$

$$L_2 = 0.956m$$

(3)

$$F_1 = m \cdot g \cdot \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

$$F_1 = 120Kg \cdot 9.8m/s^2 \cdot \frac{0.956m}{1.235m}$$

$$F_1 = 910.32N = 92.82kgf$$

$$F_2 = m \cdot g \cdot \frac{L_1}{L_1 + L_2}$$

(4)

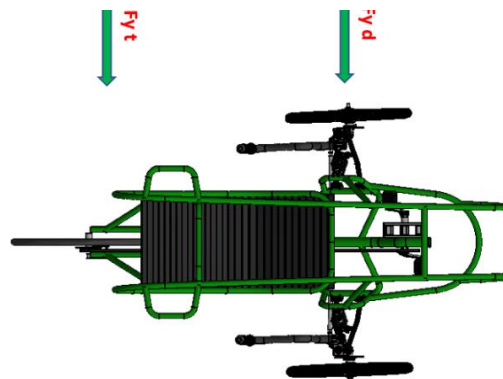
$$F_2 = 120Kg \cdot 9.8m/s^2 \cdot \frac{0.279m}{1.235m}$$

$$F_2 = 265.67N = 27.09kgf$$

hallando las fuerzas tendríamos que garantizar la resistencia de la dirección en sentido vertical

Figura 16

Fuerzas aplicadas a los ejes del VTH



Nota. fuerzas laterales que actúan (Fuente Propia, 2023)

Al calcular las fuerzas laterales involucradas en el vehículo, cuando los ángulos de dirección son pequeños (menores a cinco grados), la fuerza centrífuga se manifiesta en una dirección perpendicular al plano longitudinal del vehículo.

Se considera que estas fuerzas se presentan en el vehículo durante la realización de una curva, aunque su estudio se lleva a cabo en condiciones estacionarias debido a que el VTH no está diseñado para altas velocidades (superiores a 25 km/h). Para establecer una referencia, se toman en cuenta las velocidades de curva registradas en pruebas de vehículos de competición similares al VTH, donde el promedio es de 5 m/s (18 km/h). Esta velocidad se considera alta en curva, considerando los parámetros generales del VTH.

Entonces la sumatoria de fuerzas laterales queda definida así:

$$\sum F_y = F_{yd} + F_{yt} = \frac{m \cdot V^2}{R} \quad (5)$$

Donde:

F_{yd} = fuerza lateral en el eje delantero.

F_{yt} = fuerza lateral en el eje trasero .

F_{z1} = fuerza vertical en el eje delantero.

V = velocidad del vehículo

R = radio de giro

m = masa del vehículo

En el caso de cada eje del vehículo (delantero y trasero), se considera que la masa será diferente a la fuerza vertical calculada previamente para cada eje. Se utilizan los valores de velocidad mencionados anteriormente, y se establece un valor de radio de curva de 4 m, que equivale a la mitad del radio máximo de giro permitido. A partir de estos datos.

$$F_{yd} = F_{z1} \cdot \frac{V^2}{g \cdot R} \quad (6)$$

$$F_{yd} = 910.32N \cdot \frac{(5 \text{ m/s})^2}{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 4m}$$

$$F_{yd} = 115.99N$$

$$F_{yt} = F_{z2} \cdot \frac{V^2}{g \cdot R} \quad (7)$$

$$F_{yt} = 265.67N \cdot \frac{(5 \text{ m/s})^2}{9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 4m}$$

$$F_{yt} = 33.85N$$

Estos valores serán la entrada para el diseño de las piezas estructurales de los sistemas de dirección y suspensión.

Tabla 12

Resumen de fuerzas que se ejercen sobre los ejes del VTH.

Fuerzas que actúan sobre los sistemas			
Parámetro	Notación	Valor	Unidades
Fuerza sobre el eje delantero	F_1	910.32	N
Fuerza sobre el eje trasero	F_2	265.67	N
Fuerza lateral delantera	F_{yd}	115.99	N
Fuerza lateral Trasera	F_{yt}	33.85	N

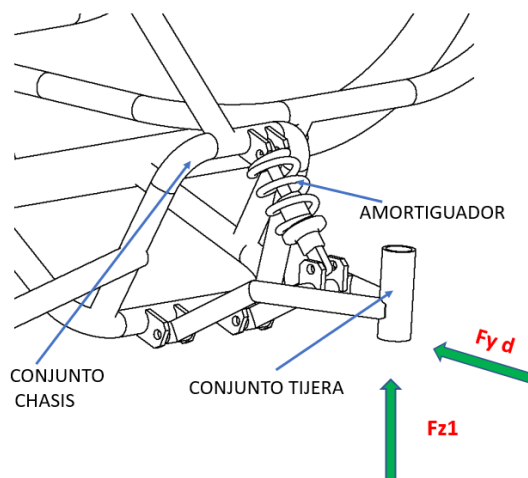
6.3.1 Diseño Estructural

Montaje del sistema al chasis

De acuerdo con la selección de alternativas establecidas a partir de la matriz morfológica 5, se ha determinado un diseño de dirección con barras laterales y un sistema de suspensión independiente con amortiguador que estará conectado al chasis lo que permitirá que el diseño estructural sea capaz de soportar las fuerzas.

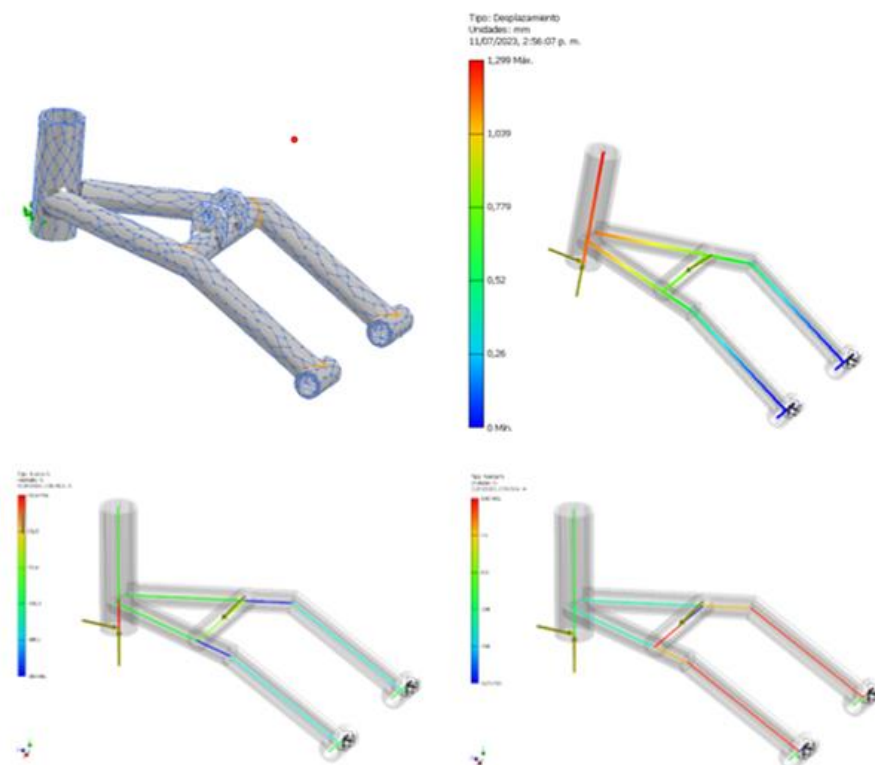
Material seleccionado tubería de acero al carbono ASTM A 53 de diámetro 21.3 mm de espesor 2,77mm

Figura 17
Diseño estructural.



Nota. La imagen muestra el sistema acoplado al chasis (Fuente Propia, 2023)

Figura 18
Análisis de fuerzas que se ejercen sobre el mecanismo de conjunto tijera



Nota. Análisis efectuado verificando el desplazamiento (Fuente Propia, 2023)

Las barras de anclaje de las figuras se dimensionan utilizando acero ASTM A53 con un diámetro exterior de 21.3 mm y un diámetro interior de 15.76 mm. Este material tiene un límite de fluencia de 240 MPa y una resistencia mínima a la tracción de 415 MPa, lo cual es fácilmente disponible en el mercado. Se destaca que el valor máximo de tensión es de 1.3 MPa

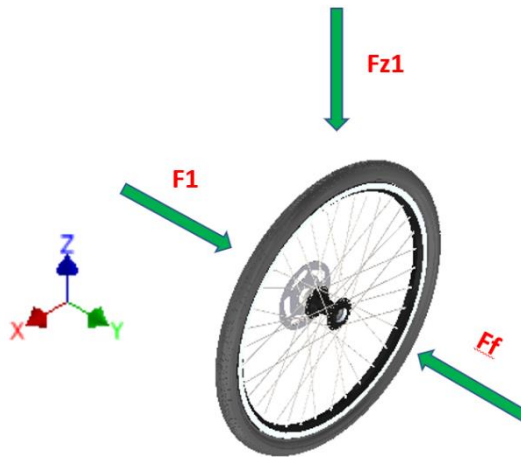
6.3.2 Sistemas Principales.

6.3.2.1 Sistema de Control Activo del Vehículo.

Para definir los cálculos se debe tener en cuenta la fuerza que ejerce el piloto para accionar las ruedas la cual se determina:

Figura 19

Fuerzas que actúan sobre la rueda.



Nota. Fuerzas para el cálculo de fricción (Fuente Propia, 2023)

Si consideramos una sumatoria de fuerzas en el eje Y, la fuerza F1 representa la fuerza aplicada para desplazar la rueda, Ff se refiere a la fuerza de fricción y Fz1 es la fuerza ejercida sobre la rueda en la dirección del eje z.

$$\sum F_y = 0 \quad (8)$$

$$F_1 - F_f = 0$$

$$F_1 = F_f$$

La fuerza requerida para desplazar la rueda es equivalente a la fuerza de fricción. La fuerza de fricción se define como el producto del coeficiente de fricción (μ) y la fuerza normal (reacción al peso). En nuestro caso, el peso se determina mediante la fuerza F_{z1} . Para calcular el coeficiente de fricción, este se expresa en términos de la fuerza lateral y la fuerza normal. Por lo tanto, consideramos F_f como la fuerza lateral en el eje delantero

$$F_f = \mu \cdot F_N \tag{9}$$

$$F_f = F_{yd}$$

$$F_N = F_{z1}$$

$$F_{yd} = \mu \cdot F_{z1}$$

$$\mu = \frac{F_{yd}}{F_{z1}}$$

$$\mu = \frac{115.99N}{910.32N} = 0.12$$

Conociendo el coeficiente de fricción, podemos determinar la fuerza necesaria para vencer la resistencia al movimiento de la rueda (fuerza de fricción). La fuerza normal, que es igual a la fuerza ejercida en el eje Z, se calcula de la misma manera que en el cálculo anterior.

$$F_1 = F_f \tag{10}$$

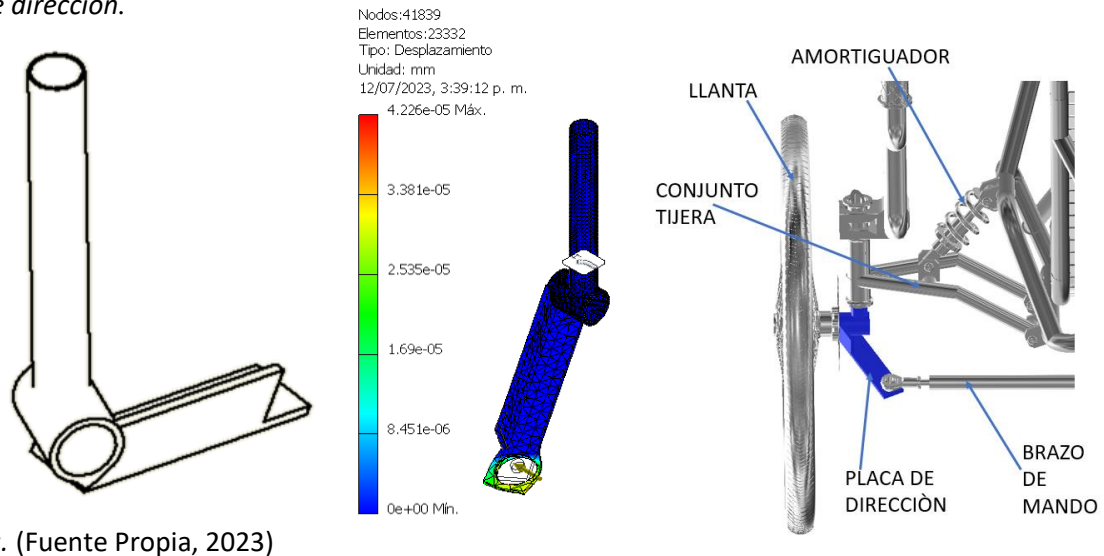
$$F_f = \mu \cdot F_N$$

$$F_1 = \mu \cdot F_{z1}$$

$$F_1 = 0.12 \cdot 910.32N = 109.24N$$

Figura 20

Placa de dirección.

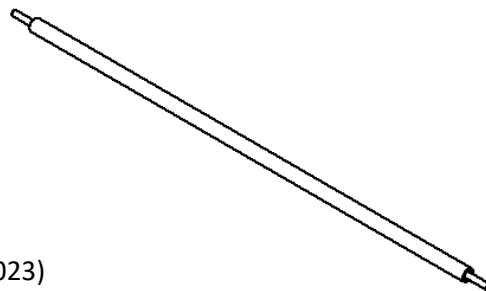


Nota. (Fuente Propia, 2023)

La placa de dirección es la que genera el torque producido por el piloto por medio de las barras laterales por medio de unas cabezas de articulación M 12 las cuales deben soportar una fuerza requerida para el movimiento de las ruedas mínimo de 109.24 N

Figura 41

Brazo de mando de dirección.

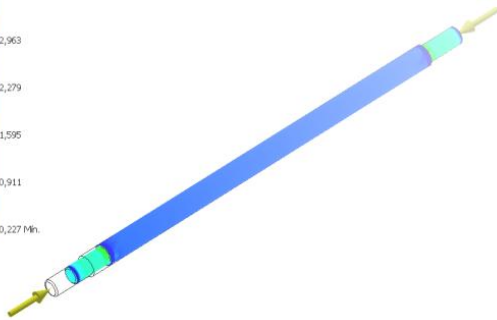
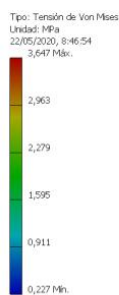


Nota. (Fuente Propia, 2023)

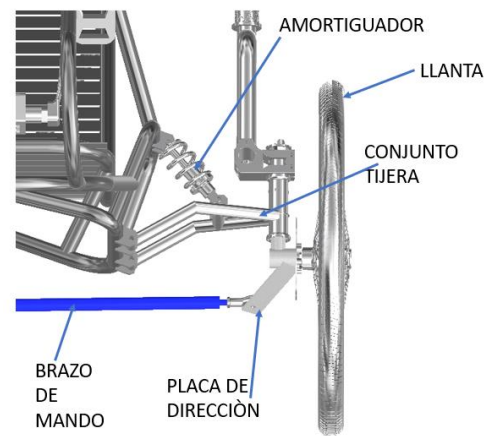
Los brazos de mando tienen la función de transferir el movimiento entre las placas de dirección a las ruedas. Deben ser capaces de transmitir una carga mínima necesaria de 0.227 MPa (previamente calculada) y una carga máxima de 3.647 MPa, que pueda ser aplicada externamente a las ruedas. Estos brazos estarán sujetos a cargas axiales, tanto de tracción como de compresión, y se realizará un análisis teniendo en cuenta estas condiciones

Figura 22

Análisis Brazo de mando de dirección.



Nota. (Fuente Propia, 2023)



Con una fuerza aplicada de 109.24 N en cada extremo del brazo, El acero utilizado tiene una resistencia a la tracción de 415 MPa, lo que indica que incluso es posible reducir el diámetro del brazo. Sin embargo, debido a que en los extremos del brazo se encuentran las terminales articuladas con una rosca M12, se sugiere generar las roscas necesarias para ensamblar las articulaciones. Lo cual consiste en soldar dos tornillos en cada extremo del brazo, con el fin de eliminar el costo de mecanizado de las roscas.

6.3.2.2 Sistema de Control Pasivo del Vehículo

Se denomina sistema de control pasivo del vehículo a los dispositivos que se adaptan a la estructura, con la función de absorber un gran porcentaje de las cargas que se puedan generar en el mecanismo.

Especificaciones del resorte

Teniendo en cuenta la siguiente tabla como parámetros de entrada, donde se muestran datos recomendados de acuerdo con el uso de las suspensiones en vehículos.

Tabla 13

Grado de confort en función de la frecuencia y periodo de oscilación.

Periodo de oscilación [s]	Frecuencia [Hz]	Grado de confort en pasajeros	Nivel de Tolerancia
0,2	5	Muy malo	Intolerable
0,5	2	Suspensión deportiva (Mayor dureza)	Tolerable por tiempo definido.
0,9	1,1	Suspensión estándar	Tolerable de forma indefinida
1,2	0,8	Extremadamente confortable	Puede ocasionar mareo a los ocupantes

Nota. Tomado de "Análisis del Sistema de dirección de un Automóvil Mediante Multibody de Simulen".

Por lo tanto:

Tomando una frecuencia de 2,0 Hz con una masa del 77% que conforma el vehículo (VTH) lo cual es de 107.8 kg

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{F}{K \times g}} \quad (11)$$

Donde:

$T = \text{Periodo [s]}$

$F = \text{fuerza o carga que se requiere soportar [N]}$

$K = \text{es la constante de rigidez del muelle [N/m]}$

$g = \text{Gravedad } 9.81[m/s^2]$

Despejando la constante de rigidez:

$$K = \frac{F}{\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \times g}$$

Reemplazando valores:

$$K = \frac{107.8Kg * 9,8m/s^2}{\left(\frac{0,5s}{2\pi}\right)^2 * 9,8m/s^2} = 17023 N/m = 17,023 N/mm$$

Se tiene que se puede conocer el recorrido del resorte si se sabe la fuerza a la que está sometido (F) y la constante de elasticidad (K), mediante la formulación:

$$F = K * x \quad (2)$$

Donde:

$F =$ Fuerza aplicada sobre el muelle
 $K =$ Constante de rigidez del muelle
 $x =$ Desplazamiento que sufre el muelle

Despejando el desplazamiento:

$$x = \frac{F}{K}$$

Reemplazando valores:

$$x = \frac{107.8Kg * 9,8m/s^2}{17023 N/m} = 0.062m = 62mm$$

Se realiza la búsqueda en un catálogo comercial de resortes de compresión, un elemento que cumpla con las especificaciones halladas:

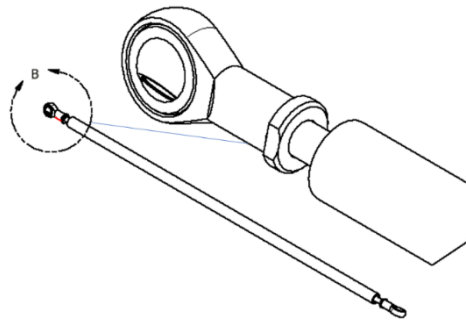
$$K = 17,023N/mm$$

6.3.3 Sistemas Auxiliares

6.3.3.1 Sistema de Apoyo y Control

Figura 23

Cabeza de articulación



Nota. La figura muestra la articulación para garantizar el buen funcionamiento de la dirección. Tomada (Propia, 2023)

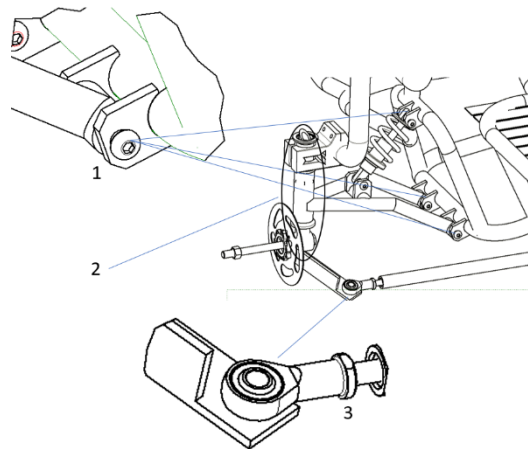
Para coordinar el movimiento de las placas de dirección con las dos ruedas, se utiliza un brazo de mando. Sin embargo, este brazo sería ineficiente si no existiera un elemento en los extremos para corregir posibles desalineaciones entre las placas de dirección durante las maniobras del sistema. Esta alteración la asumirán las cabezas de articulación, que permiten la rotación de un eje en su rótula, deteriorando la independencia entre los dos elementos conectados.

En esta aplicación, las cabezas de articulación están sujetas principalmente a cargas radiales, lo cual determina el valor de entrada para su selección: la fuerza lateral que recibe el VTH (previamente calculada como 117 N). En este caso, se obvian otros factores como las frecuencias de oscilación o las temperaturas máximas de operación, ya que no son determinantes para su funcionamiento. Con estos valores, se seleccionan cabezales de articulación con rosca hembra M12 y un diámetro de eje de 12 mm. Para referencia, se pueden considerar modelos como SKF SIKAC 12 M o SKF SILKAC 12 M.

6.3.4 Sistema de Lubricación

Figura 24

Puntos de lubricación



Nota. La figura muestra las zonas donde se debe lubricar para garantizar el buen funcionamiento. Tomada (Propia, 2023)

En la figura, los puntos 1, 2 y 3 representan las uniones donde las piezas están en contacto constante. En particular, el punto 3 se refiere a las articulaciones de rótula que operan a través de las cabezas de articulación. Estas conexiones dependen directamente de la calidad de las cabezas utilizadas, ya que una mayor calidad implica propiedades de sellado contra partículas externas, sistemas de lubricación incorporados e incluso la posibilidad de ser libres de mantenimiento.

En cuanto al punto 2, se encuentra la placa de dirección con todos sus rodamientos. Para garantizar un funcionamiento similar de estas uniones, se recomienda utilizar lubricantes, como grasa o aceite, que sean adecuados para este tipo de aplicaciones. El uso de lubricantes convendrá a mantener un buen rendimiento y prolongar la vida útil de las articulaciones mencionadas.

CAPITULO VII

7 RESULTADOS

Como se mencionó en el primer capítulo, este proyecto tiene como objetivo principal presentar resultados tangibles que demuestren la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así como la investigación teórica para resolver un problema tecnológico. Además, se busca mostrar la implementación práctica de la solución a dicho problema. En esta sección, se

completarán los resultados obtenidos como consecuencia del proceso de diseño y desarrollo de una solución tecnológica.

Figura 25

Resultados de diseño



Nota. La figura muestra el diseño final del sistema de dirección y suspensión. Tomada (Propia, 2023)

7.1 TABLA DE MATERIALES

Tabla 14

Descripciones materiales utilizados

No	CTDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	DIMENSION
01	2	Conjunto brida de conexión	Espiga para tubo	3/4
02	2	Barras de dirección	Tubería de ASTM A53	3/4
03	2	Tapón tubería	Tapón estándar para tubería	3/4
04	2	Placa de dirección	Angulo	1" ¼ x 1" ¼ x 200 mm
05	2	Rotula macho m12	Rotula macho	m12
06	1	Parte tubo conexión dirección	Tubería estructural	1"1/2 x 820 mm
07	2	Conjunto llantas	27.5"	
08	2	Eje acople llantas	Tubo de ASTM A53	de 1" x 45 mm
09	2	Amortiguador	Pieza estándar	750 libras distancian entre ejes 138mm
10	2	Conjunto caja de dirección rodamiento dirección exterior	Pieza estándar	
11	2	poste	Pieza estándar	
12	2	tijera	Ver plano	
13	4	Tuerca	Pieza estándar	M12 x 1.5 mm
14	2	Tornillo brazo de mando dirección	Pieza estándar	M12 x 1.5x 50
14	2	Tornillo rueda	Pieza estándar	M12 x 1.5X170

7.2 LISTA MAESTRA DE PLANOS

Anexo A Lista maestra de planos

CONCLUSIONES

- Gracias a este proyecto, se ha logrado desarrollar un diseño detallado, eficiente y seguro para el sistema de dirección y suspensión del vehículo de tracción humana utilizado en competiciones. Esto se ha logrado a través de un proceso de diseño que ha tenido en cuenta los estudios relevantes a la aplicación.
- Como resultado tangible del proceso de diseño, se han generado planos de fabricación, listado de materiales y un análisis de costos asociados a los mismos.
- El sistema de dirección y suspensión del vehículo se diseñó siguiendo normas y reglamentos específicos. Los componentes se eligieron en función de su eficiencia en rendimiento.
- El sistema fue diseñado para proporcionar dirección según la voluntad del conductor, estabilidad direccional, convertir el movimiento giratorio en giros angulares para las ruedas delanteras y absorber los impactos de la carretera
- El sistema de dirección y suspensión de un vehículo se diseña cuidadosamente, teniendo en cuenta el rendimiento, el costo de fabricación y la aplicación específica. La selección y evaluación de los componentes los cuales garantizan que el sistema cumpla e incluso supere los niveles de rendimiento requeridos

RECOMENDACIÓN

Se recomienda a la Escuela Tecnológica Instituto técnico central, reconsiderar la priorización del presupuesto para el desarrollo de actividades a desarrollar como propuestas de grado de los estudiantes, para poder culminar a satisfacción su ciclo

profesional y dar cumplimiento oportuno a todas las actividades planteadas tanto de diseño como de fabricación de un proyecto y así poder mostrar tangiblemente todas las ideas.

BIBLIOGRAFIA

129, T. (2023). *Tutorial semana en mecánica. Obtenido de Ingmeccanica*. Consulta 20 de marzo 2023 <https://ingemecanica.com/tutoriales/tutoriales.html>

Automotriz, B. I. (2019). *ingeniería y mecánica automotriz*
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-y-como-funciona-el-principio-de-ackerman/>. Consulta 15 mayo de 2023

Celada, F. (2015). *Análisis del sistema de dirección de un automóvil mediante Multibody de simulink*. Madrid: tesis de pregrado universidad.

Revista KM77. (S/F) En *Mecánico BMW M4 GTS. Llantas de carbono y aluminio*
<https://www.km77.com/revista/engendro-mecanico/bmw-m4-gts-llantas-de-carbono-y-aluminio/>.

Fuerza centrípeta, (S/F). consultado 18 marzo de 2023

<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbasees/cf.html>

<http://mafis.weebly.com/determinacioacuten-de-la-constante-elaacutestica-de-un-resorte-procedimiento-dinaacutemico.html>

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/>

Ingeniería y Mecánica Automotriz. (21 Oct 2019). *¿Qué es y cómo funciona el principio de Ackerman?* México: *Ingeniería y Mecánica Automotriz*. Consultado 16 junio 2023

<https://www.ingenieriy mecanicaautomotriz.com/que-es-y-como-funciona-el-principio-de-ackerman/>

Mafis, (S/F). *Determinación de la constante elástica de un resorte: procedimiento dinámico*, consultado 4 mayo 2023

Maza Rey, J. (2016). *Diseño cinemático y dinámico del sistema de suspensión para vehículo de competición formula student. trabajo de grado, escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación.*

MTB TIPS N (14 abril 2021). *Como elegir el muelle correcto para amortiguador de tu bici según tu peso* / www.youtube.com/watch?v=H2BqUUgRo_A

Ochoa G, (2014). *Diseño y Análisis de un Vehículo Tipo Kart. Trabajo de Grado, Universidad de Zaragoza, Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Zaragoza.*

Pillajo Q, (2012). *Estudio cinemático del comportamiento de la suspensión de un prototipo de formula sae student del equipo upm racing. trabajo de grado maestría, universidad politécnica de Madrid, instituto de investigación del automóvil, Madrid.*

Propia, F. (2023). *Diseño de los sistemas de dirección y suspensión para un vehículo de competencia 2023.*

Rodríguez, L. (2020). *Diseño, Fabricación y Ensamble de los Subsistemas de Dirección y Suspensión Para un Vehículo de Tracción Humana (VTH).*

Salazar, F. (2011). *Análisis de un Kart de competición y de sus componentes.*

Spain, V. (2017). [https://www.vroomkart.es/news/29428/ngulo-ackerman-el-gran-desconocido.](https://www.vroomkart.es/news/29428/ngulo-ackerman-el-gran-desconocido)

ANEXOS

Anexo A Conjunto planos de fabricación