

**UNIVERSIDAD FERMÍN TORO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DECANATO DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO MECÁNICO**

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO MONOPLAZA,
RESPETANDO LAS NORMAS DEL FÓRMULA
SAE INTERNATIONAL EN
EL GRUPO FSAE UFT**

Trabajo de grado presentado como requisito
Para optar al título de Ing. en Mantenimiento Mecánico

Autor: Br. Keyliegh Padrón
Tutor: Ing. Diego Betancur

CABUDARE, MARZO 2014

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo, los sufrimientos, los triunfos y derrotas vividos durante la realización de este proyecto, se los dedico a las personas por las cuales soy lo que soy, y por las que he llegado hasta este punto tan importante en mi vida. Sandra Requena y Juan Carlos Padrón, mis padres. Espero con este pequeño triunfo retribuirles un poco de toda la felicidad que me han dado.

A mi novio Pausides

Porque su amor me ha impulsado a culminar mis sueños y conseguir mis objetivos y por acompañarme en los momentos más difíciles de mi carrera, dándome razones para seguir adelante.

A mis amigos

Emilio, Adrián, Carmaylin, María, Galaor, Martín. Porque han estado siempre ahí, apoyándome, respaldándome y distrayéndome, son los que me han tendido la mano cuando la he necesitado y con los que he compartido los mejores momentos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida. Al profesor y tutor Diego Betancur, un excelente amigo y una gran persona, además de su respaldo y sabiduría para llevar a cabo este proyecto.

A la Universidad Fermín Toro por brindarme un lugar propicio para el desarrollo del conocimiento y crecimiento profesional. A todas las personas que de una u otra forma me acompañaron y apoyaron para desarrollar satisfactoriamente este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	p.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivos de la Investigación.....	9
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos.....	9
Justificación e Importancia.....	9
Alcances y Limitaciones.....	10
Alcances.....	11
Limitaciones.....	11
II MARCO TEÓRICO	
Antecedentes.....	13
Bases Teóricas.....	17
Norma FSAE 2013.....	18
Restricciones de la Norma FSAE para el Sistema de Dirección.....	19

Ángulo de Giro Del Volante.....	19
Ángulo de Giro De Los Neumáticos.....	20
Columna de Dirección.....	23
Evaluación del Sistema de Dirección.....	24
Prueba Skid Pad.....	25
Prueba Autocross.....	25
Prueba Endurance.....	26
Diseño del Sistema de Dirección.....	26
Columna de Dirección.....	27
Cardán.....	28
Caja de Dirección.....	28
Buje.....	29
Volante.....	29
Mecanismo de Liberación del Volante.....	30
Brazo de Acoplamiento.....	31
Manguetas.....	31
Rótula de Dirección.....	32
Esfuerzos Mecánicos.....	32
Esfuerzo Torsor.....	33
Esfuerzo Flector.....	34
Esfuerzos Compresión y Tracción.....	35
Engranajes.....	37
Cálculo del Piñón.....	38
Cálculo de la Cremallera.....	39
Selección de Materiales para la Construcción del Sistema de Dirección.....	40
Acero.....	41
Aluminio.....	43
Relación en un Sistema de Dirección.....	44

	Piñón y Cremallera.....	45
	Ángulo de Giro del Volante según la Dependencia del Piñón y la Cremallera.....	46
	Sistema de Variables.....	46
	Bases Legales.....	48
	Norma FSAE 2013 para el Objetivo de Diseño del Vehículo.....	48
	Inspección Técnica.....	49
	Definición de Términos Básicos.....	50
III	MARCO METODOLÓGICO	
	Naturaleza de la Investigación.....	52
	Tipo de Investigación.....	53
	Diseño de la Investigación.....	54
	Población y Muestra.....	54
	Población.....	55
	Muestra.....	56
	Técnicas de Recolección de Datos.....	56
	Entrevista no Estructurada.....	57
	Observación Directa.....	58
	Fases de la Investigación.....	58
	Fase I: Diagnóstico.....	59
	Fase II: Factibilidad.....	59
	Fase III: Diseño.....	60
IV	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	
	Fase I: Diagnóstico.....	63
	Fase II: Factibilidad.....	66
	Fase III: Diseño.....	70

V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	Conclusiones.....	100
	Recomendaciones.....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
	ANEXOS.....	106
	Sistema Completo.....	107
	Columna de Dirección.....	109
	Brazo de Acoplamiento.....	111
	Cremallera.....	113
	Piñón.....	115
	Caja.....	117
	Mecanismo de Liberación Rápido.....	119
	Acople Piñón.....	121
	Chumacera.....	123
	Volante.....	125

LISTA DE CUADROS

CUADRO	P
1 Tipos de Aceros.....	42
2 Población Sujeto.....	55
3 Selección por eficiencia.....	67
4 Estudio Económico.....	69
5 Especificaciones de columna y volante.....	85
6 Análisis estático columna y volante.....	87
7 Dimensiones de la cremallera.....	89
8 Dimensiones del brazo de acoplamiento.....	92
9 Análisis estático de compresión.....	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

1	Condición Ackerman Sistema de Dirección.....	21
2	Geometría Básica de la Dirección.....	22
3	Detalle de una Dirección Piñón-Cremallera con Terminales En los Extremos.....	26
4	Características de un engranaje Recto.....	37
5	Dimensiones de los Dientes de un engranaje.....	38
6	Características de una cremallera.....	40
7	Función del sistema de piñón y cremallera.....	44
8	Movimiento de piñón y cremallera.....	45
9	Sistema de Dirección en un Vehículo de Comercial.....	64
10	Sistema de Dirección en un Vehículo Tipo Monoplaza.....	65
11	Angulo óptimo creado entre los antebrazos del piloto y el Plano frontal del volante.....	71
12	Movimiento del piñón cuando se coloca debajo de la cremallera.....	72
13	Pivoteo en los neumáticos cuando el piñón está por debajo De la cremallera.....	73
14	Movimiento del piñón cuando se encuentra por encima de la Cremallera.....	73
15	Pivoteo en os neumáticos cuando el piñón está por encima	

De la cremallera.....	74
16 Vehículo circulando por una curva de radio constante.....	77
17 Engranaje elaborado en Acero AISI 1020.....	80
18 Cremallera elaborada con Acero AISI 1020.....	80
19 Brazo de acoplamiento diseñado con tubo de acero AISI 1020.....	81
20 Columna de dirección con barra de Acero AISI 1020.....	82
21 Diseño final del sistema de dirección.....	82
22 Posición de la cremallera en el chasis.....	83
23 Diseño final de la columna de la dirección y volante.....	84
24 Análisis estático torsional a la columna de dirección y volante.....	86
25 Desplazamiento estático de la columna y el volante.....	87
26 Diseño final de la cremallera.....	88
27 Análisis estático de tensión en la cremallera.....	89
28 Desplazamiento estático en la cremallera.....	90
29 Diseño final de los brazos de acoplamiento.....	91
30 Análisis estático por compresión en los brazos de acoplamiento.....	93
31 Desplazamiento estático por compresión en los brazos De acoplamiento.....	94
32 Análisis estático por tracción en los brazos de acoplamiento.....	95
33 Desplazamiento estático por tracción en los brazos De acoplamiento.....	96
34 Unión de piñón y cremallera en la caja de dirección.....	97

35	Fuerza lateral cuando la condición es Ackerman o Anti-Ackerman.....	98
34	Ubicación del pivoteo por Ackerman negativo.....	99

**UNIVERSIDAD FERMÍN TORO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DECANATO DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO MECÁNICO**

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO MONOPLAZA,
RESPETANDO LAS NORMAS DEL FÓRMULA
SAE INTERNATIONAL EN
EL GRUPO FSAE UFT**

Autor: Br. Keyliegh Padrón

Tutor: Ing. Diego Betancur

RESUMEN

El objetivo de este proyecto consiste en diseñar un sistema de dirección eficiente y eficaz para un vehículo monoplaza hacia la competencia Fórmula SAE 2014, entre universidades a nivel mundial, contribuyendo a fomentar el espíritu de desarrollo y sana competencia en el campo automotriz, así como el trabajo en equipo. El diseño del sistema de dirección esta soportado por la normativa FSAE Rules, que se plantea en la propuesta, la cual integra las condiciones mínimas reglamentarias para el diseño y participación de los vehículos en la competencia. El proceso de diseño y selección del sistema de dirección se realizó de una manera práctica y sencilla para su fácil manejo, comprobando su funcionamiento y duración a través de una herramienta de diseño llamada SolidWorks 2013. Se estudió el sistema, comprobando su resistencia ante esfuerzos de deformación en su estructura, así como su viabilidad, además el sistema fue mejorado para reducir costos. Por ende lo principal debe ser cumplir con las metas

planteadas y trabajar con un programa de diseño para la manipulación de las piezas. Descriptores: Dirección, Sistema, Vehículo, Diseño, Fórmula, FSAE, Normas, Construcción, Propuesta Monoplaza.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente proyecto se llevará a cabo el estudio y diseño del mecanismo de dirección para un vehículo destinado a una competencia en pista cerrada. En el proceso de investigación se dará una visión general del mecanismo estudiando a cada una de las partes que lo componen. El sistema de dirección es uno de los mecanismos de seguridad de mayor importancia del automóvil. Una avería de este sistema durante la marcha del vehículo puede ocasionar las más fatales circunstancias, representa para el conductor la pérdida del más importante órgano de control de automóvil. Siendo este el primer sistema de dirección desarrollado para tal fin, se enfocará en un modelo de dirección sencillo, económico y a la vez eficaz. De esta manera la investigación se plantea con una estructura dividida en cinco (5) capítulos como son: Capítulo I (*El Problema*); Capítulo II (*Marco Teórico*); Capítulo III (*Marco Metodológico*); Capítulo IV (*Análisis e Interpretación de los Resultados*) y Capítulo V (*Conclusiones y Recomendaciones*), donde cada uno será detallado para introducir de manera superficial la información del estudio presentado.

Comenzando con el capítulo I (*El problema*): Es la parte inicial de toda investigación y comienza al situar por escrito las razones por las que hay que realizar la investigación, además en delimitar el problema a investigar indicando las razones que originan la necesidad del estudio, enunciando el problema, planteando las

preguntas que más se destacan en el problema justificando la necesidad de hacer la investigación, indicando su viabilidad y su duración probable.

Continuando con el capítulo II (*Marco Teórico*): En este capítulo se analizan y exponen teorías, investigaciones, leyes y antecedentes consideradas válidas y confiables, en dónde se organiza y conceptualiza el estudio. Es importante acotar, que la fundamentación teórica, determina la perspectiva de análisis, la visión del problema que se asume en la investigación y de igual manera muestra la voluntad del investigador, de analizar la realidad objeto de estudio.

Seguimos con el capítulo III (*Marco Metodológico*): En este apartado se conocerá el tipo de investigación a realizar, además de los instrumentos para la técnica de recolección de datos a utilizar para la obtención de información referente al proyecto.

Ahora pasamos al capítulo IV (*Análisis e Interpretación de los Resultados*): En este capítulo se presentan los resultados de la investigación obtenidos mediante el procesamiento, análisis e interpretación de datos obtenidos, arrojados de la población en estudio. Los datos recaudados permiten darle respuestas a los objetivos y a las variables planteadas en esta investigación.

Finalizamos con el capítulo V (*Conclusiones y Recomendaciones*): En esta sección se presentan las conclusiones obtenidas después de finalizar en estudio. Así mismo se hace mención de algunas recomendaciones que se consideran necesarias tomar en cuenta a la hora de realizar una investigación similar a la presentada. Se

concluye la investigación con las referencias bibliográficas, donde se encuentren los autores de trabajos, libros, etc., que se mencionan en proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El diseño es la concepción original de un objeto destinado a la producción, es utilizado habitualmente en el contexto de las artes aplicadas como, ingeniería, arquitectura, entre otras disciplinas creativas, el diseño es el proceso previo de configuración mental para la búsqueda de solución de cualquier campo. Para diseñar en ingeniería existen diferentes estudios para la creación de equipos, estructuras, entre otras cosas. En ingeniería en mantenimiento mecánico se preparan para efectuar estas actividades con estudios de diseño de elementos de máquinas, con el apoyo del libro Faires (2008) en su cuarta edición, éste presenta las alternativas en las cuales se deben realizar los bosquejos de estructuras mecánicas bajo una teoría y cálculos para obtenerlas. Además se obtienen los esfuerzos a los que será sometida dicha estructura, a fin de conocer como efectuar un diseño con las respectivas evaluaciones de modo que esté preparado para el uso humano.

El diseño y construcción de un sistema de dirección es la meta principal de esta

investigación con la finalidad de asistir a una competencia universitaria internacional. Se hace necesario la creación de cada uno de los elementos que lo componen el vehículo FSAE, siendo una de estas el diseño de un sistema de dirección mecánica.

En el año 1986 Maldonado fue quien por primera vez utilizó la acepción actividad proyectual en la definición sobre diseño industrial que redactó para el Congreso del Consejo Internacional de Sociedades de Diseño Industrial (ICSID), citando así “El diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos producidos industrialmente”. (p.2).

La Sociedad de Ingeniero Automotriz Internacional (SAE), es una sociedad sin fines de lucro dedicada al desarrollo de proyectos universitarios, a lo largo y ancho del mundo, se estructura a través de capítulos en distintas áreas, tales como robótica, energía solar, mini baja (vehículos pequeños off road) y formula SAE. Dichos proyectos involucran a estudiantes de cualquier rama de la ingeniería (Mecánica, Electrónica, Industrial, Automotriz, Civil, entre otras) que posean la iniciativa, los conocimientos y destrezas necesarios para llevar a cabo cualquiera de las áreas citadas anteriormente. Actualmente, en la UFT se está llevando a cabo la creación del proyecto SAE, con la intención de ampliar el proyecto formula SAE.

A partir de la creación del proyecto SAE UFT, se generan grupos de trabajo para el diseño y construcción de un carro tipo formula, cuyo propósito será lograr la participación en una de las tres competencias que se hacen en el año, organizadas por

SAE Internacional, específicamente en Michigan, donde se originó este gran reto de ingeniería automotriz.

Para la formación y ensamblaje del automóvil es necesario el análisis y estudio de cada una de las partes que lo conforman de modo que el acople de cada uno de los elementos coincida con cada cual y así el funcionamiento del vehículo sea óptimo. En cuanto a la competición, el prototipo se someterá a una serie de evaluaciones que permiten la corrección de problemas, además de chequear cada una de las fases principales que contemplan el vehículo, es decir, las partes que requieren de pruebas a la hora de participar en una carrera. Se procede a realizar las pruebas que demuestran la capacidad de ingenio, destreza y eficacia que tuvo el equipo para el diseño y construcción del vehículo tipo monoplace. Las pruebas a realizar en las actividades se dividen en, prueba de seguridad, prueba estática y prueba dinámica, con el propósito de verificar el nivel de trabajo realizado por los participantes (estudiantes) cumple con los procedimientos de seguridad y evitar cualquier falla o accidentes posteriormente.

Uno de los sistemas que conforman el vehículo y resultan de gran importancia a la hora del manejo y control del auto es el sistema de dirección. Se conoce como la dirección de un vehículo, a todos los órganos que permiten orientar las ruedas directrices, en función de las maniobras realizadas sobre un mando de accionamiento. La función del sistema de dirección es permitir el control direccional suficientemente preciso para realizar el trazado en las curvas, las acciones de adelantamiento de evasión

ante obstáculos presentes en la carretera y las maniobras a velocidad baja, por ejemplo en maniobras de estacionamiento. El diseño de un sistema de dirección, además, buscara un buen aislamiento de las perturbaciones procedentes de la carretera, al mismo tiempo, que asegure un contacto adecuado neumático-camino y que logre un compromiso aceptable entre esfuerzos reducidos en el mando de la dirección en maniobras a baja velocidad y una adecuada estabilidad a velocidades elevadas.

La dirección tiene como misión aportar las siguientes características, suavidad en el manejo de la dirección, esto se refiere a que el volante debe tener maniobrabilidad, sobre todo al momento de aplicarse en las curvas. También está la estabilidad, una condición que debe permitir que el piloto pueda dirigirse en la trayectoria de la carretera sin la aparición de ninguna irregularidad que requiere de un esfuerzo del vehículo.

El procedimiento de dirección a efectuarse será realizado con un sistema mecánico de piñón y cremallera. Fue seleccionado por tener un control más preciso sobre el ángulo de giro de las ruedas al dar una curva, convirtiendo el movimiento rotatorio de la columna de dirección en un movimiento completamente lineal. Su diseño es sencillo y de fácil reparación, además de ser bastante comercial, debido a que gran parte de los automóviles utilizan este sistema. Posee bajo costo y su instalación dentro de vehículo es simple, de tal forma el conductor ejerce de forma general, su acción de control sobre un volante de dirección que está unido por medio de acoplamientos, denominados en conjunto, columna de dirección, a los mecanismos de

actuación sobre ruedas. Para la unión entre la columna de dirección y el varillaje de la dirección se han empleado diferentes y variadas configuraciones que es el antes mencionado sistema de piñón y cremallera, siendo éste el más utilizado en los vehículos de fórmulas SAE.

Según Cruz G. (2012) y Mesías D. (2012) estudiantes de la carrera ingeniería automotriz en Latacunga-Ecuador, quienes realizaron un proyecto denominado “Diseño, Construcción e Implementación de Sistemas de Suspensión, Dirección y Frenos del Vehículo de Competencia Formula SAE 2012”. Por otro lado se encuentra Cantos J. (2006) estudiante de la Universidad Pontificia Comillas, optando para el título de técnico superior de ingeniería presentó una investigación llamada “Diseño, Análisis, Ensayo y Construcción del Sistema de Dirección para un Prototipo de Formula SAE”. Y Villar C. (2006), optante a ingeniero industrial de la Universidad Pontificia Comillas, quién formuló una investigación para la solución de un problema denominada “Diseño Conceptual y Dinámica Vehicular de un Formula SAE”.

El grupo FSAE UFT (Formula SAE de la Universidad Fermín Toro) comenzó a desarrollarse hace varios años, pero no se pudo estabilizar por distintos motivos que presentaron una gran cantidad de limitaciones entre ellas estratégicas y económicas causando que no se efectuara un estudio de investigación sobre los elementos del vehículo para medirlos, evaluarlos y así fabricarlos. Sin embargo a finales del año 2012

un equipo de estudiantes retomó esta actividad estableciendo los parámetros necesarios para tener una base concreta y formalizar la misión del equipo. Al iniciar con el proyecto se enfrentaron con la ardua tarea de buscar información sobre el vehículo, la cual fue escasa, el propósito es construir un vehículo tipo monoplace, para esto se debe tener el diseño de los elementos que completan el automóvil desde la estructura externa hasta los sistemas mecánicos, por tal motivo nace la misión de esta investigación en la cual se plantea la propuesta del diseño del sistema de dirección mecánica del prototipo, para poder realizar las simulaciones y pruebas virtuales, siendo este un elemento fundamental para el control del carro en la pista y que es de gran importancia que se encuentre apto para la competencia.

El impacto del proyecto formulado, se centra principalmente, en la falta del diseño de la estructura de la dirección del vehículo, es decir, en toda fabricación de un equipo es obligatoria y de suma importancia conocer las posibles reacciones que pueda mostrar durante su construcción y apreciación, más aun cuando el instrumento requiere de una operación constante, por ende la inclusión de esta propuesta para el desarrollo del grupo FSAE UFT es de gran necesidad, porque al obtener el diseño del sistema de dirección ajustado a las normas establecidas por el Formula SAE International, se verá concluido uno de los elementos que conforman el prototipo, logrando el objetivo del equipo que es fundamentar el propósito, basándonos en las pautas determinadas por dicha asociación.

En relación con este último se producen una serie de incógnitas que la investigación del proyecto precisa responder a las mismas, tales son: ¿Es necesaria la realización del diseño del sistema de dirección?, ¿Cómo se puede estimar en términos económicos y funcionales la elaboración del sistema de dirección?, ¿Qué tipo de sistema de dirección debe llevar el Formula SAE UFT?, con dichas preguntas formuladas se generan los objetivos de la investigación.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer el diseño de un sistema de dirección para la construcción de un vehículo tipo monoplaza, respetando las normas del formula SAE International en el grupo FSAE UFT.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la necesidad de diseño del sistema de dirección en el Fórmula SAE UFT.
2. Determinar los aspectos técnicos, operativos y económicos para optar por el sistema de dirección más eficiente y eficaz.
3. Diseñar el tipo de sistema de dirección para el prototipo FSAE UFT.

Justificación e Importancia

La propuesta se presenta para solucionar el problema de la ausencia de dicho dispositivo esencial para la completación del vehículo, el cual debe ser diseñado y evaluado para la competencia de fórmula que se realizará en 2014. Este sistema es de suma importancia para el desarrollo del vehículo durante la competencia, ya que en él recae la seguridad del piloto. Este tipo de proyectos alienta a los estudiantes a trabajar en equipo, tanto así, que en el proceso de elaboración del proyecto se incluyeron estudiantes de las carreras de ingeniería además de la de mantenimiento mecánico, al mismo tiempo de beneficiarse con conocimientos, funcionales para el impulso del alumno en el ámbito laboral, siendo en el estado Lara los primeros en participar en una competencia de Formula SAE, demostrando la capacidad de preparación y ambición que poseemos. Este estudio está enmarcado bajo las líneas de investigación que establece la Universidad Fermín Toro, el mismo corresponde a la consolidación de la gestión de mantenimiento mecánico y está enmarcada en el eje rector III: Identidad y multiculturalismo en un mundo globalizado; en la línea de investigación: Diseño, rediseño y optimización de máquinas, equipos y dispositivos que promueven la creatividad tecnológica en nuestro país.

Alcances y Limitaciones

Según el manual para la elaboración del trabajo de grado de la Universidad Fermín Toro, (2002) menciona que los alcances se refieren a “La proyección de la

investigación, para que, para quien y debe estar en relación con los objetivos y los resultados” y las limitaciones son “Obstáculos o restricciones enfrentadas en cualquiera de las etapas del desarrollo de la investigación, que sea relevante para los resultados, son referidas a la investigación y no al investigador”. (p.7) Por mi parte, los alcances y limitaciones en un proyecto de investigación se redactan en la justificación del proyecto. Los alcances nos indican con precisión que se puede esperar o cuales aspectos alcanzaremos en la investigación y las limitaciones indican que aspectos quedan fuera de su cobertura. Las limitaciones no se refieren a las dificultades de realización, como muchos creen, sino a los límites o fronteras hasta donde llegan las aspiraciones de la investigación, siempre por referencia a los objetivos.

Alcances

Al realizar el proyecto de diseño y construcción de un prototipo FSAE, se desarrolla un nivel más óptimo de conocimientos, además de implementar el trabajo en equipo, dotar con información y preparación (entre ellas sobre el diseño del sistema de dirección del vehículo) a grupos de estudio de las siguientes generaciones y la inclusión de un grupo de investigación formula SAE en la Universidad Fermín Toro para el estudio de diseño automotriz, logrando poner el alto tanto a la Universidad como en la capacidad de disposición de los estudiantes de dicha institución.

Limitaciones

De acuerdo al manual de normas para la presentación del trabajo de grado de la Universidad Fermín Toro (2002), “Las limitaciones por su parte, son obstáculos o restricciones enfrentadas en cualquiera de las etapas del desarrollo de la investigación, que sea relevante para los resultados.” (p.7). No se consiguieron limitaciones en la elaboración del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la investigación o marco referencial, puede ser definido como el resumen de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación por realizar. Se establece lo que han investigado otros autores y se incluyen citas de otros proyectos de investigación. El desarrollo de la investigación siguiendo el método científico según los recursos con que cuenta el investigador. El marco teórico genera una referencia general del tema a tratar en una descripción concisa que permite entenderlo más fácilmente. Según Hernández y otros (2006) el marco teórico es “Un comprendido escrito de artículos, libros y otros documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio. Nos ayuda a documentar como nuestra investigación agrega valor a la literatura existente.” (p.64).

Antecedentes de la Investigación

Es indispensable realizar estudios precedentes a la investigación presentada para auxiliar al lector en cuanto a la información del estudio. A continuación se presentaran los basamentos del proyecto a demostrar.

En la escuela politécnica del ejército extensión Latacunga, Ecuador en la carrera de ingeniería automotriz, los estudiantes Cruz, G. y Mesías, D. (2012) realizaron un proyecto previo para optar al título de ingeniero automotriz llamado “Diseño, Construcción e Implantación de Sistemas de Suspensión, Dirección y Frenos del Vehículo de Competencia Formula SAE 2012”. Quienes realizaron una investigación basándose en el Formula SAE Rules y respetando la colaboración de terceros, en donde dichos estudiantes elaboraron el proyecto con la finalidad de ejecutar nuevamente un monoplace tipo formula y competir en el campeonato de Fórmula SAE en el circuito de Hockenheim en Alemania, además generar experiencia e investigación dirigida a futuras generaciones de ingeniería.

Tomaron la decisión de comenzar a efectuar un proyecto de tal magnitud para poner a prueba la capacidad de diseño automotriz en el país. Por tanto esta clase de proyectos nos incentiva al FSAUFT a desarrollar al igual que ellos el diseño y construcción del prototipo y demostrar lo aptos que podemos llegar a ser los estudiantes de esta universidad. La información generada por este trabajo es de gran ayuda en el proyecto que se desea presentar ya que se puede estudiar la manera de preparación del sistema de dirección de ese vehículo y compararlo con el que se quiere elaborar, de modo que se puedan realizar estudios de cambios en el sistema (hasta donde se permita)

que beneficien o aumenten la eficiencia y eficacia del prototipo, tanto los cálculos, como las simulaciones y las variaciones que pueda presentar tomando en cuenta la elaboración del sistema de suspensión y frenos.

La investigación llevada a cabo por la Fundación Universidad de Atacama-Chile, Escuela Técnico Profesional, Unidad Técnico Pedagógica, realizado por el profesor Valencia J. (2007). Módulo: Mantenimiento de los sistemas de dirección y suspensión para la realización de una guía de estudio, el cual tiene como nombre “Sistemas de Suspensión, Amortiguación y Dirección”. En donde se presenta la teoría de estos sistemas estudiando de manera más profunda, así como también los diferentes métodos que se aplicaban a través de la historia y evolución del mismo, especificando la dirección y movimiento del vehículo reaccionando a dicho sistema y empleados en conjunto con el sistema de suspensión se obtiene un vehículo balanceado.

En cuanto al método de aplicación, el conocimiento del sistema de dirección de un vehículo, tomando en cuenta las bases teóricas del mismo, nos permite poder jugar con el diseño del mecanismo claro está, sin salir de las SAE Rules, y teniendo una variación a la hora de plantear el sistema, para presentar diferentes suposiciones, de manera que se escoja la que mejor se adapte a la investigación y que este dentro de los parámetros requeridos para tener un vehículo que sea eficiente ya que esa es una de las fases a evaluar en la competencia FSAE Michigan 2014. La base de toda investigación se basa en estudios que puedan demostrar que es posible la completación de gran parte

del proyecto por tanto se busca indagar en estos trabajos y obtener información como, cálculos de esfuerzos, dimensiones, otros posibles materiales y mecanismos, entre otros, que pueda aportar a dicha búsqueda.

Baras, M. y Ramírez, A. (2004), estudiantes del Instituto Universitario de tecnología Alonso Gamero en el departamento académico de mecánica en Santa Ana de Coro-Falcón, presentado como requisito final para optar al grado académico de técnico superior universitario en mecánica, con una investigación llamada “Diseño de un Sistema de Transmisión para un Aerogenerador Unifamiliar para el Abastecimiento de Energía Eléctrica Caso Caserío San Agustín del Municipio Miranda, estado Falcón”, demostrando bajo estudios exhaustivos la solución a la problemática que padecen, siendo esta la falta de medios apropiados para la seguridad del traslado de provisiones de fluidos eléctrico, en donde se requiere el abastecimiento de este sistema para el buen funcionamiento en la comunidad de San Agustín, ya que al no tener el la capacidad necesaria de distribución de flujo eléctrico los habitantes de esta comunidad se veían perjudicados y con una baja eficacia de vida. Por ende estos investigadores realizaron el proyecto para ofrecerles una mejor calidad de vida a estas personas.

En la elaboración del diseño del sistema de transmisión se requirió un estudio profundo del proceso de funcionamiento de este equipo, para evaluarlo y adaptarlo a los elementos que componen al aerogenerador. En el desarrollo de dicho sistema se

requirió una serie de cálculos similares a los que se requieren en el diseño de un sistema de dirección, como el proyecto al que se agregan los conocimientos de éste, entre ellos se encuentran: cálculos de esfuerzo flector, cálculo del sistema por engranajes, etc. sirviendo de aporte al estudio, ya que el sistema de dirección cuenta con un engranaje, siendo similar el cálculo del trabajo del mismo, con esta base se puede determinar las dimensiones necesarias para que el proceso resulte de manera eficaz. Es de ayuda la información de este material ya que la caja de dirección, elemento principal del sistema de dirección, está comprendida por dichos engranajes, siendo la clave de su actividad.

Para culminar se encuentra Castellano, J. (2009) estudiante de la carrera ingeniería en la Universidad Fermín Toro en Cabudare, estado Lara-Venezuela. Quién realizó un proyecto para optar al título de Ingeniero en mantenimiento mecánico titulado “Diseño de un Sistema de Frenos para un Monoplaza tipo Formula SAE”, con el motivo de realizar la construcción del vehículo formula y asistir a la competencia plasmada en Michigan basados en la normativa SAE que exige la competencia, en donde se pondrá a prueba los conocimientos metodológicos y manejables, establecidos por los estudiantes. Las contribuciones implantadas de este trabajo se remontan al estudio de los parámetros en los que se debe efectuar la elaboración del sistema y el vehículo en general, llamadas SAE Rules en donde se exigen ciertas medidas de ejecución de los elementos del vehículo y la evaluación del mismo en dicha competencia, siendo de suma importancia en conocimiento de la norma para optar a

una clasificación en la actividad.

Bases Teóricas

Arias (2006) indica que “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado.” (p.106). A continuación se demuestran los estudios teóricos utilizados para la realización de la investigación respaldando la información presentada los cuales se basan en dos variables la primera es llamada Norma SAE para Formula, siendo esta (*variable independiente*), mientras que la segunda se implanta como sistema de dirección (*variable dependiente*).

Norma FSAE 2013

La norma FSAE (2013) se implementa en una “Competencia de ingeniería para estudiantes miembros de la SAE (Society of Automotive Engineers) que tiene como objetivo concebir, diseñar, fabricar y competir con autos de tipo fórmula”.(p.5). La primera competición empezó a gestarse en 1979 cuando Mark Marshek, docente de la [Universidad de Houston](#), contactara con el Departamento de Relaciones Educativas de la SAE un año antes. El concepto original era una evolución de la BAJA SAE, en la que el tipo de vehículo a construir por los estudiantes es similar a un car-cross. Sin embargo, esta competición limitaba mucho la libertad (motor proporcionado por la organización sin posibilidad de modificarlo) y la nueva competición debía darles mayor margen para diseñar el monoplaza.

Así se llega a 1981, año en que se organiza en la [Universidad de Texas en Austin](#) la primera edición de la Formula SAE. Participan 6 equipos y un total de 40 alumnos. Esta competición ha ido creciendo y desde 1998 también se celebra en Warwickshire una edición británica conocida como Formula Student. Aquel año participaron 4 equipos y 40 alumnos. Actualmente se celebran competiciones en numerosos países como Alemania, Japón, Brasil, Australia, etc. Todas ellas utilizan la misma normativa base original de la Formula SAE y llegan a albergar hasta 120 equipos y más de 2.000 estudiantes. Los resultados de las competiciones son recogidos y puntúan en el ranking mundial.

Restricciones de la Norma FSAE para el Sistema de Dirección

Una restricción es una limitación que se imparte para algún caso, por ejemplo cuando queremos referirnos a algún impedimento a la hora de realizar alguna tarea, como ser la concreción de algún proyecto o trabajo o tan solo querer expresarnos. Por otro lado la norma SAE se encarga de impartir información para ofrecer un parámetro estándar como medida de seguridad y con el motivo de brindar al estudiante la posibilidad de expandir sus conocimientos e imaginación en el diseño y formación del proyecto como ejemplo se encuentran las Normas ISO, (1998) las cuales indican lo siguiente:

Las normas son un modelo, un patrón, ejemplo o criterio a seguir. Una norma es una fórmula que tiene valor de regla y tiene por finalidad definir las características que debe poseer un objeto y los productos que han de

tener una compatibilidad para ser usados a nivel internacional. (p. 53).

Restricciones de la Norma FSAE para el Sistema de Dirección: Ángulo de Giro del Volante

La dirección del vehículo se hace por medio del volante. Al girarlo y por medio de una serie de mecanismos intermedios se consigue el giro de las ruedas. El giro del volante hace girar una barra que actúa como su eje y que es solidaria a este. Esta barra llega hasta la caja de la dirección. Como no es posible que el volante y la caja de la dirección estén unidas por una barra rígida. Cantos, (2006) expresan que el volante:

Constituye el órgano de mando de la dirección. Los detalles constructivos del volante varían según el fabricante ya que pueden ser de cuatro, tres, dos o incluso de un radio. El tacto y el grosor han de favorecer el uso cómodo y agradable. Se ha de ver cuando el vehículo circula en línea recta el tablero del vehículo (p.76).

La norma FSAE restringe específicamente el ángulo de inclinación o salida, el cual es el ángulo que forma la prolongación del eje del pivote sobre el que gira la rueda con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda. Este ángulo suele valer entre los 4° y los 9° según los vehículos, siendo en la mayoría de los casos de 6° a 7°, como método de seguridad para el piloto y para que la salida del volante sea más rápida y efectiva. Esta disposición del pivote hace que se disminuya el esfuerzo que hay que aplicar para orientar las ruedas. Si el pivote y el eje vertical de

las ruedas fuesen paralelos, el esfuerzo a realizar se determinaría por el par resistente:

$$C = Fr * d \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde C, es el par resistente a realizar en Kpm, Fr es la resistencia a la rodadura y **d** es el brazo del par en Cm.

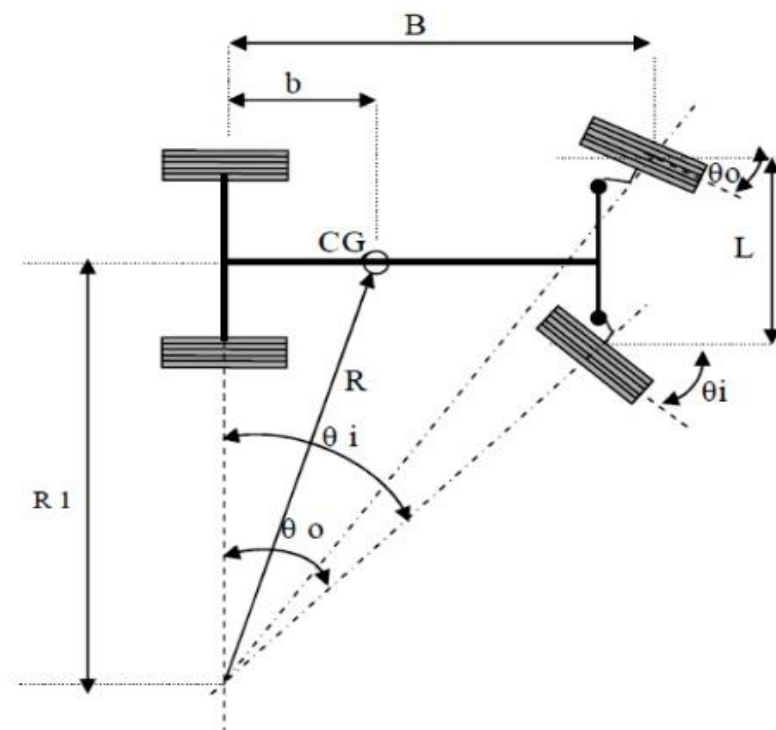
Restricciones de la Norma FSAE para el Sistema de Dirección: Ángulo de giro de neumáticos

Un neumático o llanta es un segmento circular de caucho que se coloca en las ruedas de máquinas y vehículos con el objeto de permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. Fueron creados por el veterinario e inventor escocés John Boyd Dunlop en 1888, siendo este el primer neumático con cámara de aire para el triciclo de su hijo, hasta entonces la mayoría de las ruedas tenían llantas con goma maciza. Si se observa a un coche dirigido en curva veremos, que para que el giro se haga correctamente la rueda que va por dentro de la curva debe girar más que la que va por fuera, ya que como es obvio el radio de giro es más pequeño por dentro de la curva que por fuera, por lo que tendrá que recorrer menor distancia que la externa.

A este sistema se le llama condición Ackerman, siendo esta la geometría buscada

para que al girar en una curva, los radios de giro de las ruedas delanteras y las ruedas traseras se encuentren en un solo punto. Cantos (2006) expresa que “La caída excesiva tiene gran importancia en el desgaste de los neumáticos, si la caída es positiva el borde exterior de los neumáticos se desgasta rápidamente” (p.54). La Norma FSAE estipula que el ángulo de giro de los neumáticos debe oscilar entre los (34- 36°) grados, esto es una medida de seguridad y estándar en estos tipos de vehículos.

Para conseguirlo se deben conocer los ángulos que indican los neumáticos para realizar el giro correcto durante la carrera. A través de la siguiente fórmula de la ecuación general para la geometría ackerman:

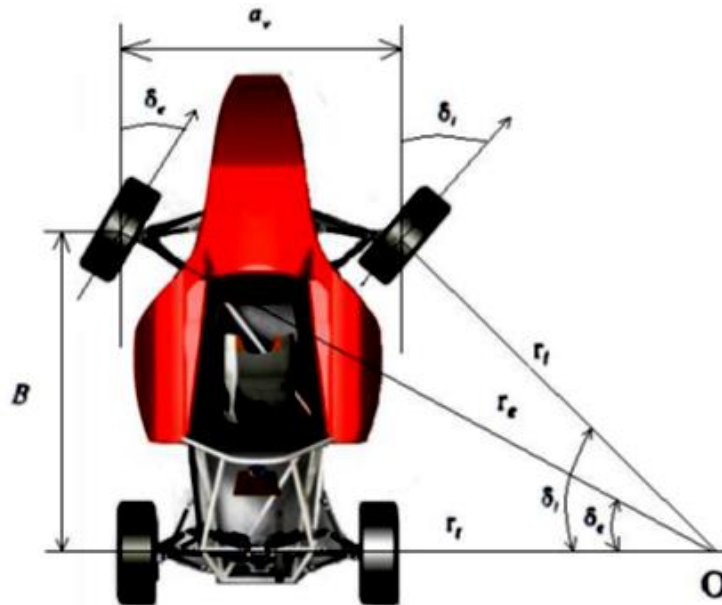


Fuente: POPA, Cristina Elena. Steering System and Suspensión Design for 2005 Formula SAE-A Racer Car. University of Southern Queensland. Pág. 42.

Figura 1
Condición Ackerman Sistema de Dirección.

$$\frac{1}{\tan\theta_o} - \frac{1}{\tan\theta_i} = \frac{L}{B} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo θ_o = Angulo de giro de la rueda externa; θ_i = Angulo de giro de la rueda interna; L = Vía del vehículo. B = Batalla del vehículo; b = Distancia desde el eje trasero al centro de gravedad y $R1$ = Radio de giro con respecto al punto medio del eje trasero. Esta relación es llamada condición Ackerman y aunque no es fácil su materialización práctica de forma exacta es necesaria.



Fuente: Cruz, G. y Mesías, D. (2013) Pág. 58.

Figura 2 **Geometría Básica de la Dirección.**

Restricciones de la Norma FSAE para el Sistema de Dirección: Columna de Dirección

La Norma FSAE para este sistema establece,

La columna de dirección debe transmitir el par desde el volante a la cremallera de la caja de dirección. Una buena manera de diseñar la columna de dirección es haciendo uso alguna unión universal, uniendo dos tramos de la columna formando un codo, orientando así la barra hasta la caja de la dirección. (p.68)

La resistencia al giro del volante debe ser la misma en todo su recorrido para asegurar fluidez en su movimiento y descartar la aparición de esfuerzos parásitos o cíclicos. En el único entorno que está permitida una leve mayor resistencia es en la periferia de la posición neutra del timón; ello, para mejorar el centrado cuando el auto va en línea recta. La columna de dirección de los autos que comúnmente se ven en la ciudad se encuentra localizada hacia un costado, es decir se posiciona en el lado extremo, en donde este localizado el conductor, mientras que la posición de la columna de un prototipo de fórmula es totalmente recta, quiero decir, ya que este tipo de vehículos de nombre monoplace constan de un solo puesto ocupado por dicho piloto, por ende la columna se localiza en el centro de la barra de dirección junto con la caja que genera la función del mecanismo. Una buena manera de diseñar la columna de dirección es haciendo uso de alguna unión universal, uniendo dos tramos de la columna formando un codo, orientando así la barra hasta la caja de dirección. Este método

aumentara la distancia entre el volante y las piernas del piloto y permite aumentar el ángulo de entrada del piñón en la caja de dirección.

Evaluación del Sistema de Dirección

La evaluación es el método empleado para medir el desempeño de alguien o algo, para así conocer las características de progreso y capacidad que puede lograr el mismo, para financiar la información se encuentra Macario (1980) expresando que la “Evaluación es el acto que consiste en emitir un juicio de valor, a partir de un conjunto de formaciones sobre la evolución o los resultados de un alumno, con el fin de tomar una decisión”. (p.1). El objeto de la competición es evaluar y simular una situación real en la cual una empresa de competición contrata a estos ingenieros para desarrollar un prototipo. Los compradores hipotéticos serían corredores amateur. El coche debe por ello satisfacer unas prestaciones elevadas en aceleración, frenada, y estabilidad, pero también debe ser fácil de mantener, barato, y fiable. Otros factores como la estética y el confort se valoran igualmente. El precio máximo para el vehículo es de 21.000 euros y la victoria es para el equipo que mejor logre superar todos estos requisitos.

Evaluación del Sistema de Dirección Según la Norma FSAE: Prueba Skid Pad

Esta etapa es una de las pruebas de mayor puntuación en la competencia en ella se evalúa la capacidad del vehículo para soportar aceleraciones laterales en un circuito en forma de ocho (8). Aquí se ponen a prueba el desempeño del sistema de dirección y

suspensión. Dicha evaluación tiene una ponderación de 75 puntos de los 1000 que se establecen durante toda la competición. Ante esto, la norma FSAE, (2013) establece que “El objetivo del evento Skid Pad, es medir la capacidad de las curvas del vehículo en una superficie plana, mientras que hace un giro de radio constante”. (p.8).

Evaluación del Sistema de Dirección Según la Norma FSAE: Prueba Autocross

La Norma FSAE, (2013) indica que el objetivo del evento de autocross es “Evaluar la maniobrabilidad del vehículo y cualidades de manejo en un curso apretado sin el estorbo de automóviles de competencia. El curso de autocross combinará las características de rendimiento de la aceleración, el frenado, y en las curvas en un solo evento.”(p.42). Consiste en un circuito corto de aproximadamente 1 km de longitud. En esta oportunidad hay un sólo carro en pista, se evalúa el desempeño general del vehículo y los resultados definen la posición de salida para la próxima prueba a evaluar, la prueba de resistencia. Además carga con una puntuación nada más que de 100 puntos.

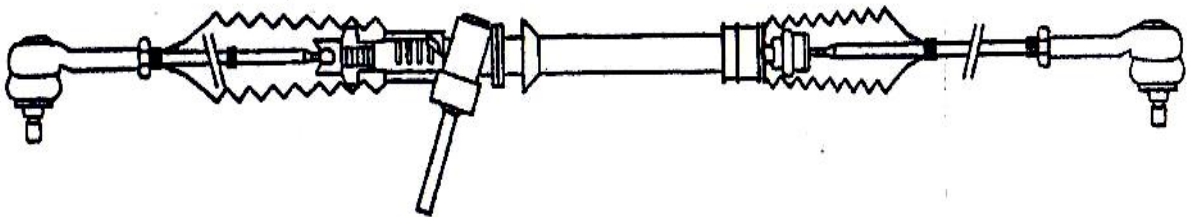
Evaluación del Sistema de Dirección Según la Norma FSAE: Prueba Endurance

La Norma FSAE, (2013) establece que “El evento de resistencia está diseñado para evaluar el rendimiento general y poner a prueba la durabilidad y la fiabilidad del coche” (p.23). Es la prueba de más peso en toda la competencia (representa casi el 40% de los puntos), siendo estos 325 puntos. Se evalúa sobre un circuito de 1 km de longitud en el que se realizan 22 vueltas, haciendo cambio de piloto en la vuelta número 11.

Ésta es la prueba más difícil de superar, ya que el carro no puede desprender ninguna pieza ni derramar ningún fluido. Esto implicaría la descalificación inmediata del carro en dicha evaluación. En esta competencia se evaluará la capacidad del sistema de dirección ante la presencia de cada una de las 22 vueltas efectuadas, ya que esa parte se realiza de manera consecutiva y el vehículo en este caso específico la dirección debe soportar todo el trayecto sin ningún inconveniente.

Diseño del Sistema de Dirección

Cantos (2006) define al sistema dirección como “el modo de facilitar al conductor la conducción del automóvil a lo largo en la vía por la que este circulando.”(p.70) esto quiere decir que el conductor y el sistema como tal se complementan para formar el



conjunto de mando y dirección y así darle movimiento al vehículo. Este sistema está compuesto por diferentes elementos que al unirlos forman el medio que proporciona el rumbo de vehículo durante la carrera. A continuación se presentaran los componentes que forman el sistema de dirección.

Fuente: LUQUE P., Álvarez, D. Vera C. (2008) Ingeniería del Automóvil, Sistemas y Comportamiento Dinámico. Madrid, España: Thomson Editoriales. Pág. 254.

Figura 3
Detalle de una Dirección Piñón-Cremallera con Terminales en los Extremos

1. Columna de Dirección: Es un cuerpo cilíndrico dentro del cual gira el eje de la dirección. La columna de dirección está normalmente compuesta por un tubo de [acero](#) (raramente de aleación ligera), fijado al bastidor o a la carrocería del vehículo y por dentro del cual pasa el eje, que se une por una parte al volante y por otra a la caja de la dirección. La función de la columna de dirección es transmitir el movimiento de rotación del timón hasta el mecanismo de dirección, que se encargara a su vez de mover las ruedas en la dirección solicitada por el conductor. El eje de la dirección gira en el interior de la columna, que está fija, constituyendo un órgano de soporte y protección; para reducir el rozamiento, en los 3 extremos de la columna se colocan 2 casquillos, muy raramente cojinetes de bolas, que soportan el eje. Cantos (2006) determina que la columna de dirección es “Una barra que une al volante con la caja de la dirección” (p.20).

La columna de dirección acaba en su extremo en un piñón, que engrana constantemente con una barra tallada en cremallera. La cremallera se mueve dentro de una carcasa que le sirve tanto de guía como de protección contra los agentes externos. Esta barra de cremallera se une directamente a los brazos de acoplamiento de las ruedas mediante dos bieletas de dirección o brazos de acoplamientos y rotulas de montaje, permitiendo el movimiento oscilante de las ruedas. Se escogió el sistema de piñón y cremallera por los siguientes motivos: Construcción sencilla, fácil y económica de fabricar, buena eficiencia, contacto libre entre piñón y cremallera como posible

amortiguamiento interno, la bieleta puede unirse directamente a la cremallera, baja elasticidad de la dirección y fácil de limitar el movimiento máximo de la cremallera.

2. Cardán: Este tipo de uniones son muy usadas en la industria de la automoción para crear las columnas de dirección, permitiendo mantener la comunicación del par, entre barras que estén con diferentes ángulos. El tipo más común de unión universal para ángulos pequeños entre ejes es el “pin and block” el cual opera de manera eficiente con ángulos mayores a 35°. Cantos (2006) expresa que “La mayoría de las uniones universales para uso en competición requiere de una barra de $\frac{3}{4}$ pulgadas con un final plano para transmitir el par a través de la unión”. (p.32). Estas permiten transmitir el movimiento y esfuerzo de giro entre ejes que forman cierto ángulo.

3. Caja de Dirección: El mecanismo que se va a usar para este vehículo es el de piñón y cremallera. Es muy empleado en la actualidad por su economía de elementos y por su simplicidad de montaje, permitiendo incorporar sistemas de ayuda a la maniobrabilidad. El sistema va acoplado directamente al brazo de acoplamiento de las ruedas y tiene un gran rendimiento mecánico. Castro y Mesías (2013) enuncian que “Este es un sistema de gran precisión, en particular en los motores delanteros con tracción delantera ya que disminuye enormemente el esfuerzo a realizar, es muy suave, tiene buena recuperación y es segura”. (p.12).

4. Buje: Es el elemento de una maquina donde se apoya y gira un eje. Se ubican en los extremos de la cremallera y su función es establecer los límites de la distancia

de la cremallera.

5. Volante: Desde él se posan las manos del conductor, para dirigir la trayectoria del vehículo. Cantos (2006) indica que “La correcta ubicación del volante requiere de la localización de los hombros del piloto en suposición en el asiento”. (p.10). El plano de referencia a 5° del plano frontal al volante intenta lograr un ángulo apropiado del antebrazo con respecto al volante. Además según las modificaciones del asiento y según el plano de referencia a la parte baja de la espalda y paralelo a la espalda y otro plano de referencia, hacia la altura media de los hombros. En la actualidad, más allá de la dirección de un vehículo, el volante se ha convertido en el alojamiento de las bolsas de seguridad anti-impacto, así como un pequeño centro de mando con funciones específicas hacia el sistema de sonido e incluso algunos cuentan con el cambio de velocidades en el volante. Tiene una armadura de varilla de acero circular unida a un grupo central por el que se acopla a la barra de dirección. Esta armadura va recubierta de una pasta fundida que le da aspecto muy vistoso y una apreciable comodidad en su manejo y en muchos casos, por el borde o la parte inferior del aro, tiene unos salientes para evitar que la mano pueda deslizarse sobre él.

6. Mecanismo de liberación del volante: Las normas de la Fórmula SAE especifican que un mecanismo de liberación del volante debe usarse en el monoplaça. Hay dos tipos principales de sujeción del volante, de los cuales se justifica el tipo

elegido.

6.1. Mecanismo Hex Drive: El mecanismo de liberación Hex Drive Quick, llamado así porque el par del volante se transfiere a la columna de dirección, por medio de una unión hexagonal. Generalmente el volante es colocado en la columna de dirección usando la ranura existente en la cabeza hexagonal, la cual haciendo una vuelta ajustada por resortes impide su extracción. La ventaja de este tipo de mecanismos es su bajo costo. Sin embargo el diseño de este mecanismo hace que, bajo un uso continuo pierda eficacia, ya que el área de contacto es mínima y comienza el desgastarse.

6.2. Mecanismo de Engranaje: Los mecanismos de sujeción estriada son una alternativa más cara a la anterior, pero el par volante es transmitido por un engranaje, hay mayor capacidad de par y mayor área de contacto, y la vida útil del mismo se incrementa. Este tipo de mecanismo rápido, también usa diferentes métodos de sujeción. La conexión es mediante un anillo que se fija a la columna de la dirección, la cual posee el estriado a la vez que un acanalado para la fijación del anillo. La ventaja de este tipo de sistema es la larga vida útil del mismo, así como la posibilidad de hacer pasar por su interior cableado eléctrico para componentes de volante.

Últimamente el mejor tipo de sistema de sujeción es el de engranaje estriado. Sin embargo el sistema Hex Drive es suficiente y es elegido por la gran diferencia de precio con el anterior.

7. Brazo de Acoplamiento: Hace posible que las ruedas giren al mismo tiempo. Cruz y Mesías (2013) expresan “La mayor sollicitación que va a sufrir el sistema de dirección, se genera cuando el vehículo esta estático y se mueve el volante en un mismo sitio”. (p.66), por ello se toma la carga máxima generada en ese instante. Este brazo de dirección en sus extremos lleva dos terminales de dirección que se pueden presentar en tres modalidades (barra fija, ajustable en un extremo o ajustable en ambos extremos). Este tipo de mecanismo puede ser desde la geometría más simple o recta hasta la forma más compleja de múltiples dobleces y de diversas longitudes.

8. Manguetas: Cantos (2006) comenta que “Son las piezas que al girar alrededor del pivote hacen moverse a la rueda y su forma en función de si el vehículo es de tracción delantera o trasera”. (p.69). Cuando el vehículo tiene tracción delantera la mangueta tiene un agujero en el centro por el que pasa el palier y que le sirve de guía. Si el vehículo es de tracción trasera la mangueta actua como eje de la rueda. Estas piezas sujetan las ruedas y por ende deben ser muy rígidas para soportar los golpes a los que se verán sometidos en su funcionamiento, que en ocasiones serán extremadamente violentos, sin deformarse pero a la vez lo suficientemente tenaces para no romperse debido a si fragilidad.

9. Rótula de Dirección: Son uniones con cierta elasticidad para absorber las irregularidades del piso, y tiene como función principal unirse al porta manguetas con cada una de las ruedas direccionales. Recibe el movimiento de la palanca de ataque y

lo transmite a la barra de acoplamiento y a las manguetas. Cruz y Mesías (2013) expresan que “Este elemento está sometido a las mismas cargas que la barra de dirección ya que éstos se ejecutan en conjunto” (p.92).

Esfuerzos Mecánicos de un Sistema de Dirección

Un esfuerzo es el resultado de la división entre una fuerza y el área en la que se aplica. Faires (2008) expresa que “El termino esfuerzo empleado en el libro significa el esfuerzo unitario medio S , medido en unidades compatibles métricas o inglesas” (p.6). Un esfuerzo mecánico es aquel que produce una deformación en el cuerpo de un objeto debido a la aplicación de dos o más fuerzas. Así los principales esfuerzos mecánicos se pueden enlistar como: Esfuerzo de compresión, esfuerzo de tracción, esfuerzo de flexión, esfuerzo de cortadura y esfuerzo de torsión en el proceso de estudio del sistema de dirección se presentan los esfuerzos de flexión, compresión, tracción y torsión, para calcular el esfuerzo en un cuerpo se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{F}{A}, \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde S es el esfuerzo, F es la fuerza aplicada y A es el área de sección transversal en kg.cm^2 .

Esfuerzos Mecánicos de un Sistema de Dirección: Esfuerzo Torsor

Es el esfuerzo que tiende a retorcer un objeto por aplicación de un momento sobre el eje longitudinal. Teniendo en cuenta que varía la deformación causada por las fuerzas aplicadas según la forma del material, tanto así que la hipótesis de Coulomb, (1785) dice “Las secciones transversales permanecen planas durante la torsión, girando como un todo rígido alrededor del eje normal a la sección circular”, válida para las secciones circulares, no es válida sin embargo para otro tipo de secciones y por tano en estas otras, las secciones se flexionarán, para obtener resultados tangibles de este fenómeno. Mott, (2006) indica que “Cuando un par de torsión, se aplica a un elemento, tiende a deformarlo por torcimiento, lo cual causa una rotación de una parte del elemento en relación con otra” (p.95). En cuanto al sistema se encuentra la barra de la columna de dirección la cual se ve sometida únicamente a los esfuerzos de torsión pura que se producen al girar el volante. En el cálculo del par torsor para la columna de dirección se puede obtener a través de la siguiente manera:

$$T = \frac{p}{n} \quad (\text{Ec. 4})$$

El esfuerzo Torsor T en N.m, la unidad es el par aplicado o momento torsional, p es la potencia en N.m/s y n es la velocidad de giro en rad/s:

Esfuerzos Mecánicos del Sistema de Dirección: Esfuerzo Flector

Es el esfuerzo que tiende a doblar el objeto, es decir, las fuerzas que actúan son

paralelas a las superficies que sostienen el objeto, acotando que siempre que exista un esfuerzo flector también hay esfuerzo de tracción y de compresión. Faires, V. (2008) indica que “La flexión produce dos clases de esfuerzos normales, tracción a un lado del plano neutro y compresión en el otro” (p.11).

En el caso más común que son las vigas o arcos se utiliza la hipótesis de Bernouilli, E. (1738) en donde especifica que “las secciones transversales al eje baricéntrico se consideran en primera aproximación indeformables y se mantienen perpendiculares al mismo (que se curva) tras la deformación”, esto quiere decir que materiales estructurales como vigas o arcos suelen poseer gran peso, por ende están propensos a que predomine la flexión. Para el sistema de dirección, es la cremallera la que se encuentra sometida a un esfuerzo flector, ya que al generar un movimiento lineal, simultáneamente el piñón buscará moverlo en un sentido vertical, mientras que la cremallera se desplaza en sentido horizontal, produciendo una variación de sentidos con fuerzas aplicadas que generan la flexión de la barra. Sin embargo la deformación es tan poca que no es apreciable a la vista, por lo que los esfuerzos en la cremallera se consideran despreciables. No obstante para calcular el esfuerzo flector tenemos que:

$$S_f = \frac{Mc}{I} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{(Ec. 5)}$$

Donde S_f , es el esfuerzo normal en cualquier punto del objeto y M/I es máxima

en la fibra más alejada del plano neutro, con C máxima, mientras C esta expresada en cm o bien el pulg; M en Kg.cm.

Esfuerzos Mecánicos del Sistema de Dirección: Esfuerzos Compresión y

Tracción

En el cálculo de estructuras e [ingeniería](#) se denomina tracción al [esfuerzo interno](#) a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo. Lógicamente, se considera que las tensiones que tiene cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas son normales a esa sección, y poseen sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo. Mott, R. (2006) en su libro de “Resistencia de Materiales Aplicada” 4ta Edición, define a un esfuerzo de tensión o tracción como “Aquel que tiende a estirar al miembro y romper el material”. (p.5). Un cuerpo sometido a un esfuerzo de tracción sufre deformaciones positivas (estiramientos) en ciertas direcciones por efecto de la tracción. Sin embargo el estiramiento en ciertas direcciones generalmente va acompañado de acortamientos en las direcciones transversales; así si en un [prisma mecánico](#) la tracción produce un alargamiento sobre el eje "X" que produce a su vez un encogimiento sobre los ejes "Y" y "Z".

Mott, R. (2006) en su libro de “Resistencia de Materiales Aplicada” 4ta Edición, define a un esfuerzo de compresión de la siguiente manera: “Es aquel que tiende a

aplastar el material del miembro de carga, y a acortar al miembro en sí”. (p.5). El esfuerzo de compresión es la resultante de las [tensiones](#) o [presiones](#) que existe dentro de un [sólido deformable](#) o [medio continuo](#), caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección. En un [prisma mecánico](#) el esfuerzo de compresión puede ser simplemente la [fuerza resultante](#) que actúa sobre una determinada sección transversal al eje baricéntrico de dicho prisma, lo que tiene el efecto de acortar la pieza en la dirección de eje baricéntrico. Faires, V. (2008) expresa que “Para calcular el esfuerzo de tracción S_t y de compresión S_c se debe especificar en el caso de que sea para una parte con carga axial (sin esfuerzo cortante)” (p.7), como a la que están sometidos los brazos de acoplamiento o acople de dirección en donde se presenta una leve tracción y compresión al momento de transmitir el movimiento, sus extremos son roscados para alojarse en las rótulas. Para obtener los cálculos de dichos esfuerzos se realiza bajo la siguiente fórmula:

$$S_t = \frac{F}{A} \quad \text{y} \quad S_c = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde A es el área en Cm (o bien en pulg) que presenta resistencia a la tracción o compresión de la carga F en Kg (o bien en libras o kips) y en la que se observa que el esfuerzo es un valor medio que no revela nada acerca de cómo puede variar, debido a las diversas desviaciones o discrepancias respecto al ideal.

Engranajes

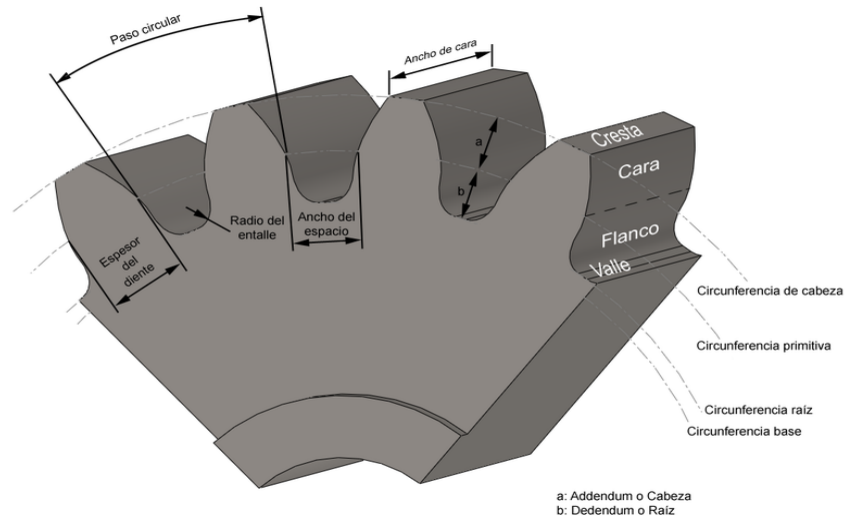
Un [engranaje](#) es un elemento mecánico destinado a transmitir el movimiento de rotación sin deslizar. Dada la dificultad que presenta esa ausencia de deslizamiento en una superficie lisa, los engranajes presentan una superficie dentada, destinada a engranar uno con otro, de modo que ese deslizamiento sea posible, realizando una transmisión del movimiento exacta. Según Casillas A. en su libro Máquinas Cálculos de Taller, menciona que “Uno de los más importantes medios de movimiento en las máquinas es el sistema de engranajes, destinados a transmitir movimientos de ejes paralelos”. El mecanismo usado por el sistema de dirección es de piñón y cremallera, los cuales son dos engranajes que encajan perfectamente uno con el otro, con el objetivo realizar un movimiento lineal para guiar al vehículo durante su trayectoria. Para la obtención de ellos es necesario realizar la medición de cada engranaje. La norma fundamental de un engranaje es el círculo primitivo, éste círculo es el punto de inicio para el cálculo de engranajes. La fórmula para determinar el diámetro del círculo primitivo es:

$$D_p = M \times N \quad (\text{Ec.7})$$

Donde D_p es el diámetro primitivo, N es el número de dientes y M es el módulo que se calcula con la siguiente formulas generales:

$$M = P / 3,1416 = D_p / N = D_e / N + 2 \quad (\text{Ec. 7.1})$$

Donde el primero es igual al paso (P) dividido por 3,1416; el segundo es el diámetro primitivo (D_p) entre el número de dientes (N); y el diámetro exterior (D_e) dividido entre el número de dientes (N) más 2.



Fuente: Wikipedia

Figura 4 **Características de un Engranaje Recto**

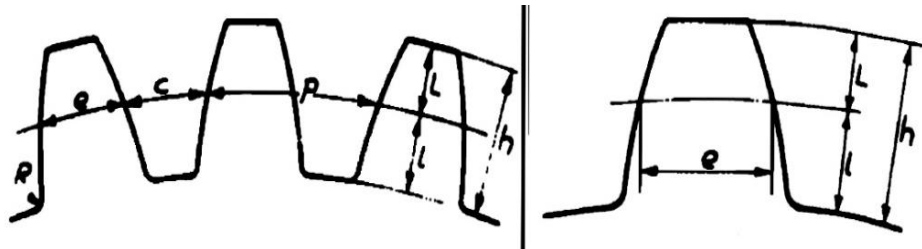
Engranajes: Cálculo del Piñón

El piñón es una rueda dentada normalmente con forma cilíndrica que describe un movimiento de rotación alrededor de su eje. Según Casillas A. (2008), “Para transmitir un movimiento circular continuo de un eje a otro que esté paralelo, se puede imaginar el montaje de dos cilindros frotando uno sobre el otro”. Habitualmente el piñón actúa como elemento rotor y la cremallera, como elemento conducido, así se puede realizar la transformación de movimientos circulares en movimientos rectilíneos.

El paso se puede calcular a través de las características del piñón.

$$P = 3,1416 \times M \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde P, es el paso del piñón o de la cremallera; M, es el módulo y 3.1416 es la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro.



Fuente: Casillas A.L. (2008)

Figura 5
Dimensiones de los dientes de un engranaje.

En caso de no conocer número de dientes se obtiene calculando con la siguiente fórmula:

$$N = P \times D_p \quad (\text{Ec. 8.1})$$

Donde N, es el número de dientes; P es el paso del diente en mm (milímetros) y D_p , es el diámetro primitivo del piñón.

Engranajes: Cálculo de la Cremallera

La cremallera es una pieza dentada que describe un movimiento rectilíneo en uno u otro sentido según la rotación del piñón. Las velocidades de ambos elementos están determinadas, fundamentalmente por las dimensiones del piñón.

$$V = D / 2 \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde V , es igual a la velocidad de la cremallera, D es igual al diámetro primitivo del piñón entre 2 en unidad de m/s^2 .

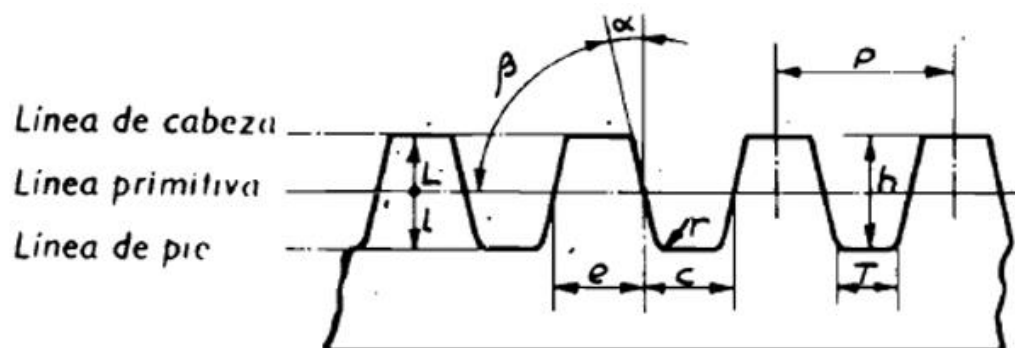
Para calcular el desplazamiento de la cremallera en milímetros se utiliza la fórmula:

$$I \text{ desplazamiento} = P \times n \text{ pasos} \quad (\text{Ec. 9.1})$$

Donde I desplazamiento, está determinado por la distancia en mm recorrida por el piñón en la cremallera; P es paso del diente en mm y N pasos, es el número de pasos del piñón, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$n \text{ pasos} = N \times n \text{ vuelta} \quad (\text{Ec. 9.2})$$

Donde N , es el número de dientes del piñón por n vuelta, el cual es, las vueltas que efectúa el piñón hasta llegar al límite.



Fuente: Casillas A.L. (2008)

Figura 6

Características de una Cremallera.

Casillas A. (2008), “La resistencia del diente en los engranajes trabaja por resistencia a la flexión, y debe ser calculado como un sólido encastrado en la base, soportando en la extremidad de la cabeza el esfuerzo o carga” eso quiere decir que el cálculo se realizará como si un solo diente soportara el esfuerzo tangencial. El mecanismo piñón-cremallera funciona como un engranaje simple, esto significa que tanto la cremallera como el piñón han de tener el mismo paso circular y en consecuencia en mismo módulo.

Selección de Materiales para la Construcción del Sistema de Dirección

En el libro Faires, V. (2008) en la 4ta edición de “Diseño de Elementos de Maquinas” menciona que “La resistencia de un material es su capacidad para resistir la acción de fuerzas aplicadas”. (p.63). Es de suma importancia a la hora de ensamblar un equipo que puede estar sometido a cargas en su estructura externa o interna ya que si no se toman estas previsiones pueden ocurrir fallas como flexionamiento, torsión, compresión y hasta el desplome de la pieza, en fin la causa de deformación requiere de un estudio profundo del procedimiento por el que pasó el material como, endurecimiento, trabajo en frio, cementado, etc. Además se tornan indispensables los conocimientos de la ingeniería de materiales para optimizar el rendimiento y vida útil mediante una correcta selección del material de acuerdo a sus características y los

esfuerzos a los que será sometido durante su funcionamiento. En el caso del proyecto que se presenta los materiales usados se encuentran los siguientes:

Selección de Materiales para la Construcción de un Sistema de Dirección:

Acero

En la elaboración del sistema de dirección se emplean diferentes materiales uno de ellos es el acero que depende del uso en el que se encontrará, en un sistema el cual está conformado por materiales que son sometidos a esfuerzos uno de los materiales que soportaría las funciones que requiere el proceso es un acero aleado.

Faires, V. (2008) en su libro de “Diseño de Elementos de Maquinas” 4ta Edición, lo define como un “Acero dulce de aleación que contiene cantidades importantes de metal aleables, siendo los más comúnmente empleados: aluminio, cromo, cobalto, cobre, manganeso, fósforo, entre otros”. (p.14), además se recurre a la aleación para mejorar las posibilidades de endurecimiento del acero para reducir la deformación por tratamiento térmico, para aumentar la tenacidad, la ductilidad y la resistencia a la tracción y también para mejorar las propiedades a bajas o altas temperaturas.

En los dispositivos que complementan el sistema de dirección se encuentra el volante, el cual en primera opción es de acero y por la utilidad y manejo que se le efectúa, no es necesario el uso de un acero de alta calidad para su construcción, y

también está la cremallera. También se encuentran otros elementos que se diseñaran con el mismo tipo de material, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1
Tipos de Aceros

Elemento	Material
Columna de Dirección	AISI/SAE - 1020
Brazo de Acoplamiento	AISI/SAE - 1020
Caja de Dirección (Piñón-Cremallera)	AISI/SAE - 1020

Fuente: Padrón, K. (2013)

El acero AISI/SAE - 1020 tiene un porcentaje de carbono de 0.18% - 0.23%, Mn de 0.30% - 0.60%, P de 0.040% y S de 0.050% su resistencia va de 48 a 55 kg/mm² y posee buena tenacidad. En cuanto al piñón y la cremallera ambos deben tener un material de características similares para igualar el desgaste, además se le debe realizar un tratamiento superficial (cementado), ya que posee bajas características mecánica. En el proceso de cementado se someterán los componentes (piñón y cremallera) en un horno sumergido en pedazos de carbono (carbón) a 925°C, donde el carbono se funde en toda el área, obteniendo una superficie endurecida de alto contenido de carbono.

Con el tratamiento superficial se alargará la vida útil del material debido al desgaste, sin embargo con ayuda de lubricantes se protege mucho más al piñón y la

cremallera contra el desgaste. En cuanto a los brazos de acoplamiento el tratamiento que se debe realizar es el “Pavonado”, que proporciona una película protectora contra la corrosión (de color negro).

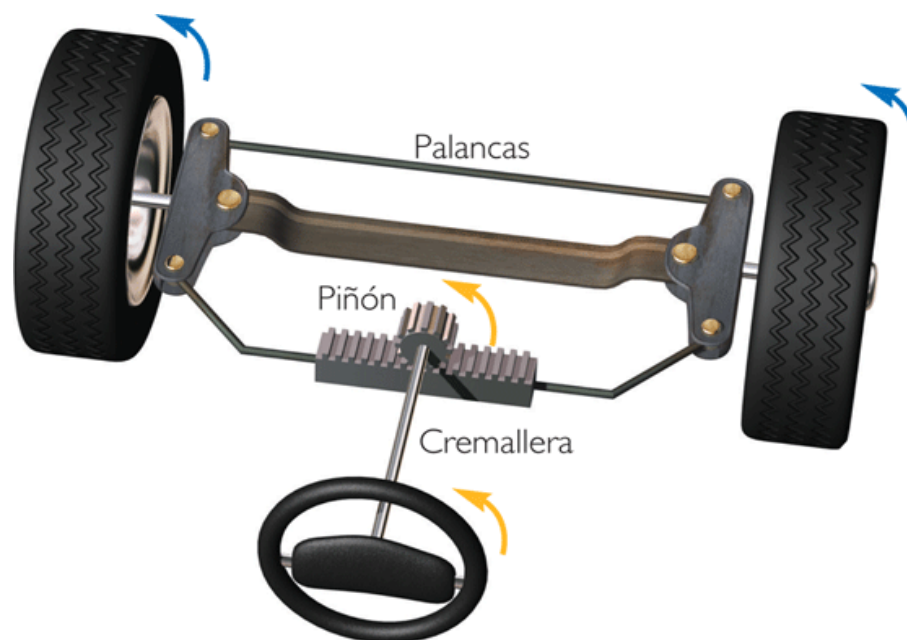
Selección de Materiales para la Construcción de un Sistema de Dirección:

Aluminio

El aluminio es uno de los materiales de mayor uso en la actualidad, ya que posee características mecánicas apropiada para la construcción. Fue aislado por el físico Orested, H. (1825), quién consiguió aislar por electrolisis unas primeras muestras, bastante impuras “La extracción del aluminio a partir de las rocas que lo contenían se rebeló como una tarea ardua”. Entre los diferentes dispositivos que serán fabricadas con este material durante el proceso de producción del prototipo se encuentran las uniones universales que forman parte de la dirección.

Relación en un Sistema de Dirección

En el diseño y ensamblaje de las piezas del prototipo, es de suma importancia conocer la proporción y dependencia que necesitan para relacionarse y funcionar de manera correcta, evitando cualquier fallo y logrando identificar en donde se puede realizar un cambio que beneficie el diseño, tanto así, que en las normas FSAE (2013) indican que “La relación que existe entre los elementos será proporcional a la efectividad y vida útil del equipo”.(p.16), para que ciertos procesos se den es necesaria la unión y correlación entre diferentes elementos y así dar la funcionalidad al equipo, de tal forma que uno requiera del otro para efectuar su oficio.

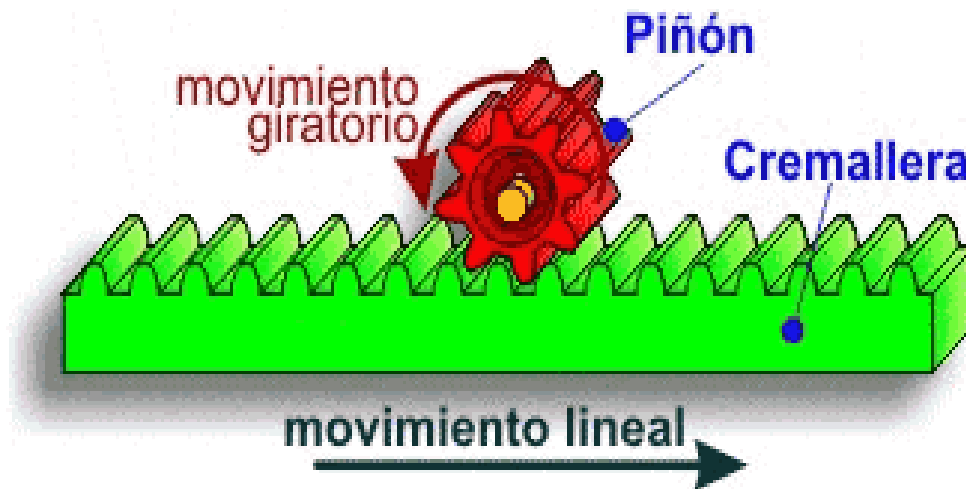


Fuente: Kalipedia (2008)

Figura 7
Función del Sistema de Piñón y Cremallera
Relación de un Sistema de Dirección: Piñón y Cremallera

Existen diferentes tipos de mecanismos en que se pueden fabricar un sistema de

dirección ya sean con un elemento asistido de manera hidráulica o bien sea un sistema mecánico simple. En las competencias de Formula SAE el mecanismo más utilizado es el de piñón y cremallera debido a que tiene como beneficio que es más factible y económico de realizar. En el trabajo de grado realizado por Cruz, y Mesías, (2013) explican que es una “Cremallera que mueve transversalmente al vehículo accionada por un piñón solidario con una columna de dirección”. (p.59). Este tipo de mecanismos es utilizado mayormente en los carros pequeños actuales ya que brinda una gran facilidad de obtención de materiales y ensamblaje del mismo.



Fuente: CEJAROSU (2005)

Figura 8
Movimiento de Piñón y Cremallera

Relación de un Sistema de Dirección: Ángulo de Giro del Volante Según la Dependencia del Piñón y la Cremallera

Cada limitación o reglas estándares que se especifique para tener un vehículo óptimo se debe realizar para aprobar la primera fase de la competencia. Una ventaja del mecanismo planteado es fácil de limitar el movimiento máximo de la cremallera teniendo en cuenta que la norma FSAE Rules, (2013) especifica que “el ángulo de giro máximo que realizará el volante no debe ser mayor a 7°”, esto es como método de seguridad debido a las grandes velocidades a las que el vehículo es capaz de ejecutar.

Sistema de Variables

Ramírez (1999) plantea que una variable es: “la representación característica que puede variar entre individuos y presentan diferentes valores” (p.25). Entonces, una variable es una cualidad susceptible de sufrir cambios. Es importante señalar que los tipos de variables de una investigación se pueden clasificar y distinguir de diversas maneras, por lo tanto es necesario distinguir las siguientes: Variable independiente y variable dependiente.

Variable Independiente

Hernández, (2006) reseña que “La variable independiente no se mide, es la variable que se manipula para observar los efectos causados en las variables dependientes”. (p.8). Es aquella característica o propiedad que se supone que es la causa del fenómeno estudiado. Se refiere a aquella donde el investigador puede

manipular ciertos efectos, en otras palabras supone la causa del fenómeno estudiado. A través de esta variable se inicia el proceso de clasificación para la investigación de un proyecto, en el caso del estudio que se presenta, la variable independiente es llamada *Norma SAE para Formula*, siendo esta la base teóricas en los que se rige el proyecto, la cual indica los parámetros en los que se deben realizar las actividades que lo conforman.

Variable Dependiente

Tapia, (2000) imparte que “Reciben este nombre, las variables a explicar, es decir el objeto de investigación que se intenta explicar en función de otras variables”. (p.6). Son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente, las cuales constituyen los efectos o consecuencias que se miden y dan origen a los resultados de la búsqueda. En cuanto a la variable dependiente se encuentra el *Sistema de Dirección*, el cual es un procedimiento que completa el vehículo, específicamente un fórmula tipo monoplaza y su función es darle la capacidad de manipular dicho coche a través de la carretera.

Bases Legales

La investigación corresponde el establecimiento en la regulación legislativa correspondiente para financiar la información del estudio realizado, por ejemplo las leyes implantadas por “La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela” o

en este caso la “Formula SAE Rules”, ya teniendo clarificado el asunto, se procede a continuación la descripción de dicha regulación para el mayor entendimiento de la misma.

La norma FSAE 2013 tiene como objetivo son unos parámetros establecidos que desafían a equipos mediante un concurso, únicamente a alumnos universitarios estudiantes de pregrado y postgrado para concebir, diseñar, fabricar, desarrollar y competir con otros grupos, en el estilo del vehículo tipo fórmula. Para dar a los equipos la máxima flexibilidad en el diseño y la libertad de expresar su creatividad e imaginación, hay muy pocas restricciones en el diseño general del vehículo. El reto para los equipos es desarrollar un vehículo que pueda competir con éxito en todos los acontecimientos descritos en el Reglamento FSAE. Las propias competiciones dan a los equipos la oportunidad de demostrar y probar tanto su creatividad como sus habilidades de ingeniería en comparación con los equipos de otras universidades de todo el mundo.

Norma FSAE 2013 para el Objetivo de Diseño del Vehículo

En la Norma SAE se especifican ciertos propósitos que se deben cumplir para el diseño del vehículo, entre ellas están:

Pág 5. A1.2 A los efectos de la competencia de Fórmula SAE, los equipos han de asumir que trabajan para una empresa de diseño que es el diseño, fabricación, prueba y demostración de un prototipo de vehículo para el fin de semana, el mercado de la

competencia no profesional.

A1.2.1 El vehículo debe tener un rendimiento muy alto en términos de aceleración, frenado y manejo y ser suficientemente resistente para completar con éxito todos los eventos descritos en las normas de la Fórmula SAE y se mantiene a las competiciones de Fórmula SAE.

A1.2.4 Una vez que el vehículo ha sido completado y probado, su empresa de diseño tratará de "vender" el diseño de una "corporación" que está considerando la producción de un vehículo de competición. El reto para el equipo de diseño es el desarrollo de un prototipo de coche que mejor se adapte a los objetivos de diseño de vehículos FSAE y que se puede comercializar rentablemente.

Norma FSAE 2013: Inspección Técnica

Pág 110. Artículo 2. El objetivo de la inspección técnica es determinar si el vehículo cumple con los requisitos y restricciones Reglas FSAE y si, considerada en su conjunto, satisface la intención de las Reglas.

S2.1.1 Para efectos de interpretación y control de la violación de la intención de una norma se considera una violación de la propia norma. (Ver la regla A3.6)

S2.1.2 inspección técnica es una actividad no anotó.

Definición de Términos Básicos

Autocross: Es una modalidad de [automovilismo](#) realizado en circuito de tierra disputado con turismos, monoplazas y [buggys](#), por ejemplo basados en un [Volkswagen Escarabajo](#). La diferencia con el [rallycross](#) es que éste, se compite en circuitos con superficie mixta: pavimento y tierra.

Cremallera: Es un prisma rectangular con una de sus caras laterales tallada con dientes. Estos pueden ser rectos o curvados y estar dispuestos en posición transversal u oblicua.

Endurance o (Resistencia y capacidad): Una prueba de Endurance es una competencia contra reloj, para evaluar no solo la resistencia del vehículo durante la carrera, sino también el plan estratégico empleado como por el piloto.

Esfuerzo: Fuerza que tiende a deformar a un material por flexión, compresión, tracción, torsión o cizallamiento.

Flexión: Acción y efecto a doblarse de un cuerpo al cual está sometido a fuerzas perpendiculares a su eje transversal.

Piñón: Se denomina piñón a la rueda de un mecanismo de [cremallera](#) o a la rueda más pequeña de un par de ruedas dentadas, ya sea en una [transmisión](#) por [engranaje](#), [cadena de transmisión](#) o [correa de transmisión](#).

Skid Pad o (pista de derrape): Es un área circular de pavimento plano que se utiliza para hacer varias pruebas de manejo de un coche. El uso más común de pista de derrape es la prueba de aceleración lateral, medida en g. Este uso es similar a la de una placa de protección.

Torsión: Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un [momento](#) sobre el [eje longitudinal](#) de un elemento constructivo o [prisma mecánico](#), como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias, (2006) explica que el marco metodológico como el “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”. (p.18). Este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas al problema. La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizará el estudio para responder al problema planteado.

Naturaleza de la Investigación

El estudio de la investigación se basa en una modalidad de proyecto factible en donde el manual de trabajo de grado de la Universidad Fermín Toro (2000) indica, que dicha modalidad se basa en “elaboración de una propuesta que a través de la factibilidad de la misma se propone la solución del problema que se presente”. (p.6) de este modo se propone realizar el diseño de un sistema de dirección para la elaboración de un vehículo tipo monoplaza en la Universidad Fermín Toro de Cabudare- estado Lara, también esta Balestrini, E. (1997), el cual indica que esta clase de proyectos “Están orientados a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad organizacional, social, económica, educativa, etc.”. (p.11), es decir, que la factibilidad de un proyecto planteado deberá estar centrado en el problema

que resume dicha investigación, de este modo siguiendo los parámetros requeridos por las normas de elaboración de trabajos de grado se demuestra el régimen en el cual se realizó dicho estudio. Además un proyecto factible debe estar sustentado por una investigación de campo, como herramienta de ejecución y respaldo de la información planteada.

Tipo de Investigación

La ejecución de esta modalidad puede estar apoyada en una investigación de campo o documental la cual según Arias (2006) expresa que la investigación documental “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.(p. 25). Esto quiere decir que la recolección de datos es fundamental para soportar el estudio ejecutado y demostrar de alguna forma la coherencia del proyecto, basando en investigaciones anteriormente realizadas y publicadas. Esta investigación es del tipo cuantitativa y según Tapia (2002) y Hernández (2003) ante una investigación expresan que la investigación cuantitativa “Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadísticas”. (p.10).

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es el plan que se usa como guía para recompilar y analizar datos, dando una estructura para llevar a cabo la cuantificación, medición y descripción. El tipo de investigación del trabajo que se presenta es de tipo no experimental transeccional que Hernández y otros (2006) explican que “Los diseños de investigación transeccional recolectan datos en un solo momento, en un único tiempo” (p.270). Esto es, ya que en el estudio que se plantea se ejecutara la recolección de datos solamente para conocer las normas en las que se basa el formula SAE para construcción del sistema de dirección, siendo esta la única toma de dichos fundamentos.

Población y Muestra

Es una fase de la metodología de la investigación que proporciona tanto al estudiante como al profesional una herramienta teórico-práctica para la solución de problemas mediante el método científico. Estos conocimientos representan una actividad de racionalización del entorno académico y profesional, fomentando el desarrollo intelectual a través de la investigación sistemática de la realidad. Una de estas herramientas es la toma de la población la cual está determinada por sus características definitorias, por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. A lo que Tamayo y Tamayo (1997)

expresa “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (p.144). Por otro lado se encuentra la muestra la cual es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso, a lo cual Tamayo y Tamayo (1997) afirman que la muestra “Es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (p.38).

Población

Hurtado y Toro (1999), definen que “población es el total de los individuos o elementos a quienes se refiere la investigación, es decir, todos los elementos que vamos a estudiar, por ello también se le llama universo”. (p.79). De tal manera la población son los objetos de estudio o de otro modo el equipo que conforma el estudio. En el proceso de la investigación planteada no se ha establecido una cantidad finita o infinita de población que forme parte del proyecto de diseño de un sistema de dirección, por tanto no se especificaran características de los mismos.

Cuadro 2
Población Sujeto

Población sujeto	Cantidad
Asesores internos	7
Asesores externos	9
Asesores FSAE	5

Fuente: Padron, K. (2013)

Muestra

La muestra es la que puede establecer la inconveniencia que se presenta, ya que es capaz de crear los datos con los cuales se identifican las fallas del asunto en donde Balestrini (2001), indica la muestra es una proporción, representativa de la población que selecciona el investigador, con la finalidad de obtener las características más exactas, confiables y representativa de la población. En el caso de la investigación se presenta como muestra los datos implementados por la norma FSAE del diseño del sistema de dirección, tomando así las especificaciones que se expresan para el mismo.

Técnica de Recolección de Datos

Esta técnica representa la obtención de los fundamentos que darán fe en el proyecto que se plantea. Hernández (2006) expresa que “Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (p.247). Esto ayudará a evaluar la información y el camino que está tomando dicha investigación, además de llevar un registro que funciona como plantilla de estudio en el caso de que se quiera modificar el algún elemento del proyecto, por ende a continuación se expresarán las técnicas de recolección de datos que se aplicarán en el proyecto, con el fin de conocer en qué consiste la metodología que se ejecutará.

Entrevista

La entrevista es una herramienta utilizada para la recolección de información a través del dialogo entre dos o más personas o ya sea a través de un interrogatorio registrado obtener la información necesaria para llevar el manejo de la visión del proyecto, según Hernández, R. (2006) “Las entrevistas implican que una persona capacitada (entrevistador) aplican el cuestionario a los sujetos participantes, el primero hace las preguntas a cada sujeto y anota las respuestas. Su papel es crucial, es una especie de filtro” (p. 335). Entre los diferentes tipos de entrevistas que existen, se estudiara la entrevista no estructurada, ya que la misma será necesariamente la única aplicada en la solución del tema de estudio.

Entrevista no Estructurada

Arias (2004) enuncia que “Más que un simple interrogatorio es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p.73). En lo que a la investigación concierne la entrevista que se aplicará se trabajará de manera libre, es decir, no requiere de un orden preestablecido, adquiriendo características de conversación, de manera que se realizan las preguntas de acuerdo a las respuestas que

vayan surgiendo de la conversación.

Observación Directa

Es un instrumento de recolección de información muy importante y consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta y puede utilizarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias. Existen dos tipos diferentes de observación, participante y no participante. En la primera, el observador interactúa con los sujetos observados mientras que en la segunda, no ocurre esta interacción, para financiar dicha información se encuentra Arias (2006), diciendo que la observación “Es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p.69).

Fases de la Investigación

En su labor de búsqueda el investigador deberá verificar el objetivo general del estudio, esto se logra incluyendo dichas fases a los objetivos específicos de la investigación los cuales se encamina hacia los hechos para respecto a ellos un conocimiento científico. Cada uno de los objetivos específicos fundará una fase. Estas fases están conformadas por el diagnóstico, la factibilidad y el diseño. A continuación se exhiben cada una de las fases.

Fase I: Diagnóstico

Esta etapa tiene como objetivo, confirmar el cumplimiento del objetivo específico, es decir, se debe demostrar el acatamiento del primer objetivo de tal manera aplicar la metodología prevista, el cual fue enunciado de la siguiente manera: “Recopilar información sobre prototipos de la Formula SAE, así como del sistema de dirección para su correcto diseño”. (p.68). Ante esta situación nacen una serie de actividades que son el procedimiento para cumplir con el primer objetivo:

- 1.** Investigar la necesidad del diseño de un sistema de dirección para el prototipo FSAE UFT.

Fase II: Factibilidad

En la fase de factibilidad se describirán las actividades que se desarrollaran para cumplir con el objetivo número 2, el cual es “Determinar los aspectos técnicos, operativos y económicos para optar por el sistema de dirección más eficiente y eficaz”, esto se realiza con la finalidad de poder seleccionar elementos del vehículo como la dirección, que puedan ser funcionales y a las vez más económicos para tener un prototipo que pueda estar entre los parámetros disponibles de, en este caso, un grupo de estudiantes con iniciativa de trabajar. A continuación se presentan las actividades que se efectuaran para el cumplimiento del segundo objetivo:

1. Realizar un estudio técnico operativo del sistema de dirección.

a) Evaluar las alternativas de la solución más eficiente.

b) Determinar los recursos a utilizar en el diseño.

2. Realizar un estudio económico.

a) Presentar los costos involucrados en el diseño.

Fase III: Diseño

En este procedimiento se especificará como se moldeará en la realidad la solución al problema o la contribución propia que se pretende llevar a cabo establecido en el tercer objetivo específico llamado “Desarrollar la aplicación de los cálculos de diseño de elementos de máquinas, para la elaboración de la propuesta del sistema de dirección del prototipo”. Ante esta necesidad se efectuarán una serie de actividades para el desarrollo del objetivo, presentadas de la siguiente manera:

1. Indagar los parámetros que debe llevar un sistema de dirección para su correcto funcionamiento.

a) Buscar las especificaciones del ángulo de giro del volante.

b) Indagar sobre la posición del piñón, tomando en cuenta su influencia en la condición Ackerman.

c) Estudiar el sistema de dirección bajo la norma FSAE

d) Estudiar el manual de la norma formula SAE 2013, referente a la competencia.

e) Investigar en qué consiste la prueba Skid Pad, como se evalúa en cuanto al sistema de dirección.

f) Investigar en que consiste la prueba Autocross, como se evalúa en cuanto al sistema de dirección.

g) Estudiar qué es la prueba Endurance, analizar cómo se evalúa referente al sistema de dirección y cómo tener un sistema de dirección óptimo para ésta.

2. Seleccionar los materiales para la construcción del sistema de dirección.

a) Elaborar distintos elementos del sistema, como la columna, brazos de acoplamiento, barra de dirección, entre otros con acero AISI-1020.

3. Determinar los parámetros que afectan el sistema de dirección.

a) Realizar el diseño de cada componente del sistema de dirección en software como SolidWorks o AutoCAD, para la evaluación de cada uno de los mecanismos.

b) Determinar los esfuerzos mecánicos que se aplican en el sistema de dirección.

c) Realizar los cálculos de esfuerzo torsor para la columna de dirección.

d) Elaborar los cálculos del esfuerzo flector para la evaluación de la cremallera.

e) Realizar los cálculos necesarios de esfuerzos de compresión y tracción para los brazos de acoplamiento.

3. Aplicar las relaciones existentes en el sistema de dirección para su correcto diseño.

a) Elaborar la unión correcta entre el piñón y la cremallera, tomando en cuenta el paso de los dientes.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

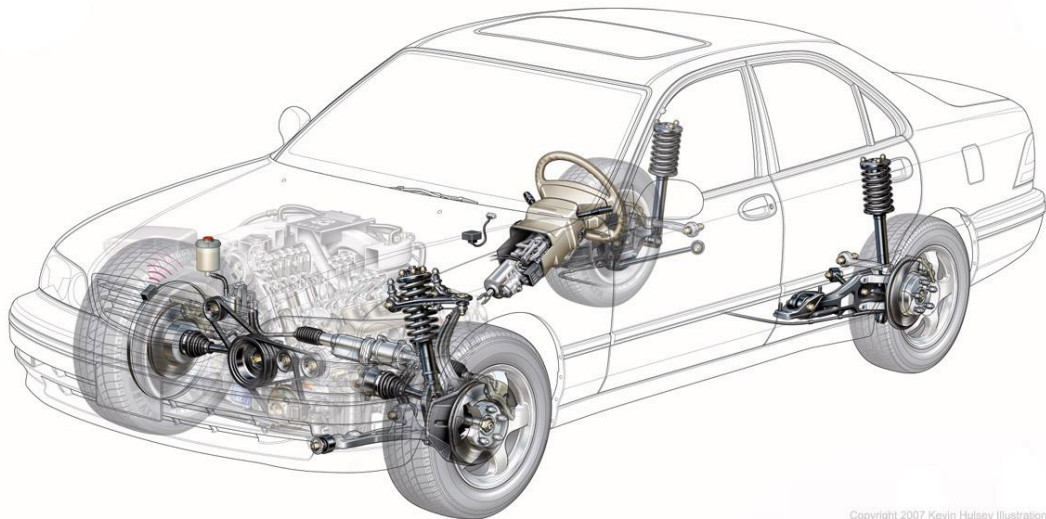
En esta etapa de la investigación se realiza el análisis de los resultados de la investigación según las técnicas de obtención de datos, estipuladas en el capítulo anterior. Según Hurtado, L. y Toro, J. (1999) “El propósito del análisis es aplicar un conjunto de estrategias y técnicas que le permiten al investigador obtener el conocimiento que estaba buscando, a partir del adecuado tratamiento de los datos recogidos”. (p.181). Finalizada la recolección de los datos, se procederá a aplicar el análisis de los mismos para dar respuesta a las interrogantes de la investigación, siendo estos los resultados finales del estudio. A continuación se presentan el análisis de las técnicas de recolección de datos utilizadas en la investigación en cada una de sus fases.

Fase I: Diagnóstico

Investigar la necesidad del diseño de un sistema de dirección para el prototipo FSAE UFT.

Los coches fueron fabricados como medio de transporte desde hace más de 120 años, y su misión principal es marchar sobre una vía, según sea la intención del conductor. Sin embargo para poder dirigir el vehículo éste debe poseer un sistema que le permita controlar el vehículo y guiarlo de un lugar a otro. Debido a que las carreteras

no siempre serán totalmente rectas, ante la aparición de una curva u obstáculos, el piloto debe maniobrar para trazar dicha curva o evadir el obstáculo. De allí nace el sistema de dirección. La unión de mecanismos que permiten el control direccional de las ruedas delanteras. En la actualidad existen diferentes tipos de dirección, como mecánica, eléctrica y asistencia hidráulica, las cuales se amoldan a cada vehículo según sea su función.



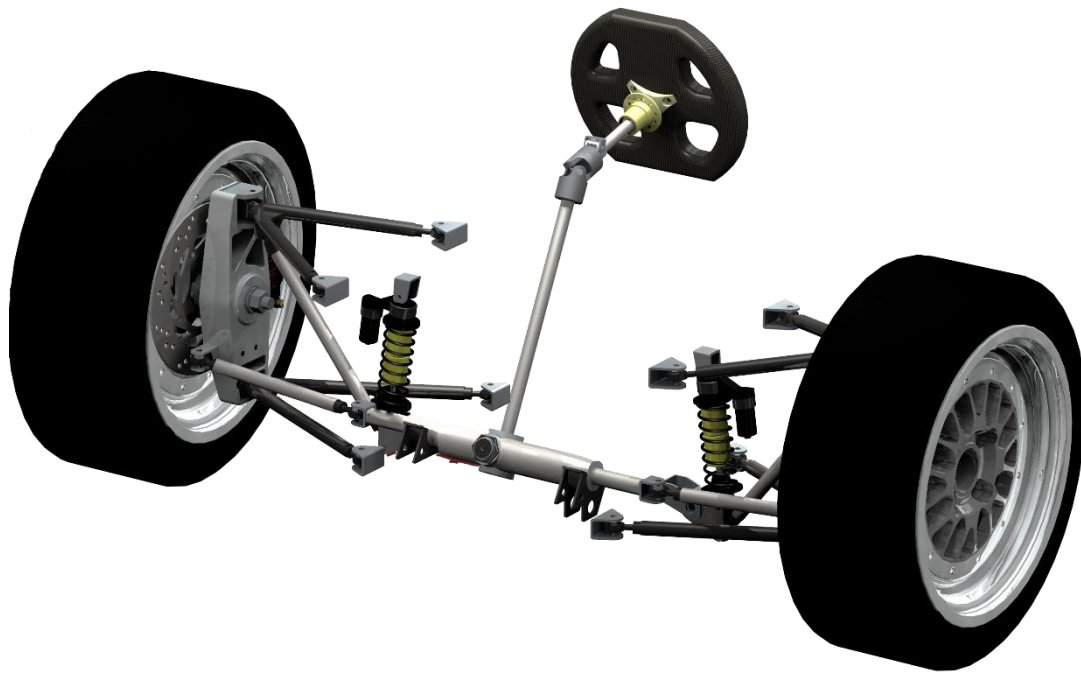
Fuente: Someinterestingfacts.net (Página One line)

Figura 9
Sistema de Dirección en un Vehículo de Comercial.

Sin embargo en los vehículos de carrera, su función, dimensiones y ubicación es totalmente diferente. En las carreras de fórmula uno, en su mayoría los autos son tipo monoplazas, estos vehículos son diseñados a medidas casi exactas, en donde el interior del carro sea exclusivamente para la ocupación del único piloto, es decir las dimensiones del monoplaza son precisas para las medidas del piloto incluyendo las

normas de seguridad. Por ende el espacio de cada uno de los elementos en el coche es reducido y requiere de estudios y diseño de cada uno según sea el chasis del fórmula.

De allí nace la necesidad de diseñar un sistema de dirección apto para el prototipo FSAE UFT, debido a que comercialmente el sistema de dirección común en los autos de ciudad o campo en el país, no cumplen con los requerimientos del diseño de un monoplaza, un ejemplo evidente es la ubicación de la columna de dirección, ya que en los autos comerciales, normalmente ésta se ubica en un extremo del vehículo, mientras que en un carro tipo monoplaza, la columna se ubicaría en el centro del coche, debido a su limitado espacio. Observar en la figura.



Fuente: Funtastico.net (Página One Line)

Figura 10
Sistema de Dirección en un Vehículo Tipo Monoplaza.

Fase II: Factibilidad

Factibilidad Técnica

La investigación que se plantea es técnicamente factible ya que los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto están disponibles en el país y son accesibles al consumidor, además de existir una gran variedad en cuanto a los elementos en los que se divide el sistema. También se incluye el aporte que ofrece la escuela de estudios, ya que la misma brinda el uso y manejo de equipos para la fabricación como son, Torno, Fresadora, Taladro, Tronzadora, Máquinas de soldar, Máquina cepilladora, y diferentes herramientas manuales.

Factibilidad Operativa

La habilidad implantada por la Universidad Fermín Toro en cuanto al estudio operativo del sistema de dirección, se dirige al manejo y utilización de equipos industriales necesarios para la construcción de los diferentes elementos, donde el uso y manejo de los mismos fue impartido en las clases correspondientes, dejando como resultado un estudiante capaz de elaborar mecanizado en diferentes tipos de materiales.

Factibilidad Económica

La investigación es factible económicamente ya que la construcción del sistema

de dirección es viable a nivel financiero, además existir una gran variedad comercial de precios dependiendo del material y modalidad en este caso, uno de los más económicos el sistema mecánico.

a) Evaluar las alternativas de la solución más eficiente.

Cuadro 3
Selección por Eficiencia

	Alternativas		
	Eslabones	Tornillo Sin Fin	Piñón-Cremallera
Geometría Ackerman	21	14	35
Costo de fabricación	20	15	20
Peso	20	12	12
Disposición comercial	9	3	15
Resistencia	6	10	8
Facilidad de montaje	5	2	4
Total	81	56	91
Promedio Ponderado	3,628	2,545	4,273

Fuente: Balanguera, S., Fonseca, A. y Jiménez, J. (2011)

El sistema de dirección con piñón y cremallera, permite un control más preciso sobre el ángulo de giro de las ruedas al dar una curva, al convertir el movimiento rotatorio de la columna de dirección en un movimiento completamente lineal.

El diseño del sistema es sencillo y de fácil reparación, además de ser bastante comercial, debido a que gran parte de los automóviles utilizan este sistema. Posee bajo costo y su instalación dentro del vehículo es sencilla.

b) Determinar los recursos a utilizar en el diseño.

En la fabricación del sistema de dirección se usarán materiales como acero AISI/SAE 1020 por su resistencia, fortaleza, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación, la soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria.

Aluminio posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en [ingeniería de materiales](#), como su baja [densidad](#) y su alta resistencia a la [corrosión](#).

Mediante [aleaciones](#) adecuadas se puede aumentar sensiblemente su [resistencia mecánica](#). Es buen conductor de [electricidad](#) y [calor](#), se mecaniza con facilidad y es muy barato, diferentes tipos de equipos entre ellos, Torno, Fresadora, Taladro, Máquina de Soldar y Tronzadora.

c) Realizar un estudio económico.

Cuadro 4
Estudio Económico

		Fabricación	Comercial
Sistema de Dirección Mecánica	Caja de Dirección (Mano de obra)	830bs	2.000bs
	Columna de Dirección (Mano de obra)	400bs	1.200bs
	Brazo de Acoplamiento (Mano de obra)	720bs	1.800bs
	Volante	1.150bs	2.450
Precio Total:		3.100bs	7.450bs

Fuente: Padrón, K. (2014)

La construcción del sistema de dirección mecánica es mucho más económica que obtenerla en el mercado, este punto se cumple si se tienen los conocimientos necesarios para la manipulación de las herramientas y equipos, además si se poseen dichos equipos para modificar el material a la forma de cada elemento.

Fase III: Diseño

Entrevista no estructurada

Con la utilización de esta herramienta se pudo obtener información referente al sistema de dirección por parte de la población determinada como son: Asesores internos, Asesores externos y Asesores FSAE. Donde se obtuvieron los siguientes datos.

Asesores Internos

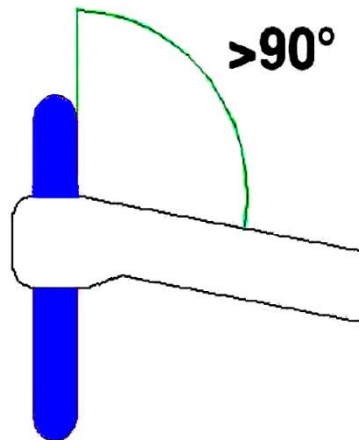
Se refieren a los profesores y compañeros de clases que conocen de las áreas de investigación y colaboraron en la realización del estudio teórico como las clases implantadas por los educadores fundamentales para la elaboración de los cálculos del diseño, en este caso del sistema de dirección, por ejemplo el cálculo de los esfuerzos como (Torsión, compresión, tracción, flexión, entre otros.) y cálculo de los engranajes, los cuales fueron estudiados y practicados en las aulas de clases con la finalidad de evaluar el diseño realizado con motivos de seguridad. De dichos asesores se obtuvo la siguiente información.

Los parámetros principales que debe llevar un sistema de dirección para su correcto funcionamiento son:

Buscar las especificaciones del ángulo de giro del volante.

En los vehículos se desmultiplica el giro del volante de dirección a fin de que se consiga disminuir la fuerza que necesita el conductor para hacer girar las ruedas. La dirección se hace por medio del volante, al girarlo y por medio de una serie de mecanismos intermedios se consigue el giro de las ruedas.

El diámetro del volante determina la facilidad con la que se puede gobernar el vehículo. Según la norma FSAE Rules (2013), la altura del volante debe ser más baja que la altura del aro de seguridad delantero. Lo más conveniente a la hora de fijar la altura del volante es maximizar la distancia a las piernas, siempre que se cumpla la distancia al aro de seguridad. La posición adecuada de las manos sobre el volante sería las 10 y las 12, en relación con un reloj analógico. Una vez establecida la altura y la distancia del volante, el ángulo que debe formar con los antebrazos del piloto debe ser mayor a 90° .



Fuente: Cantos, J. (2006)

Figura 11
Ángulo óptimo creado entre los antebrazos del piloto y el plano frontal del volante.

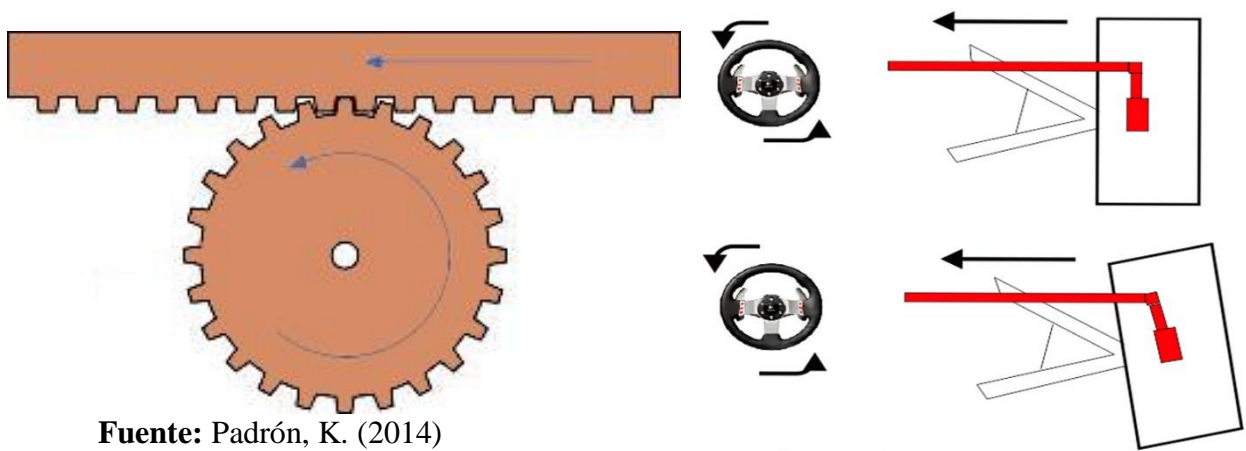
El sistema de dirección debe transferir al piloto todas las sensaciones de lo que ocurre entre el contacto de las ruedas delanteras con la pista, además de darle información de cuán rápido puede doblar en una curva.

Indagar sobre la posición del piñón, tomando en cuenta su influencia en la condición Ackerman.

A través de una entrevista no estructurada se pudo dialogar con compañeros de clases e integrantes del grupo FSAE UFT a lo que se logró obtener información para apoyar el estudio. La posición del piñón es fundamental para la reacción que tendrá la posición de los neumáticos y por ende la del vehículo en general.

Existen dos casos referente a la posición de piñón con respecto al pivoteo de los neumáticos.

Primer caso: Piñón debajo de la cremallera

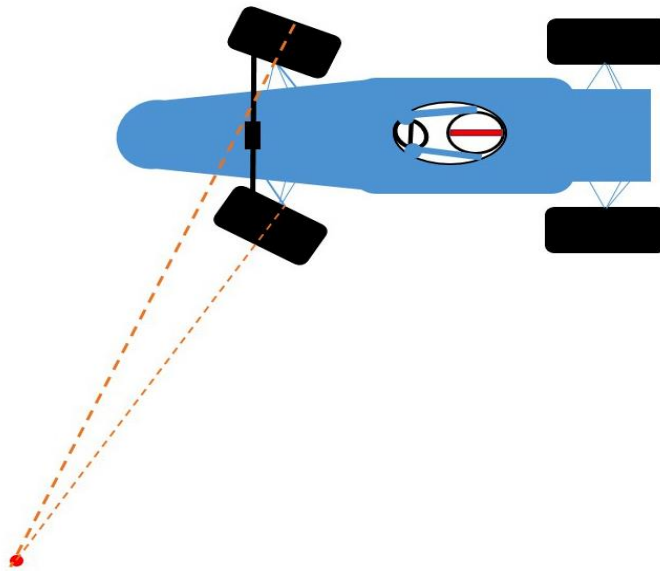


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 12

Movimiento del piñón cuando se encuentra debajo de la cremallera.

Cuando el piñón se coloca debajo de la cremallera y se rota el engranaje en sentido anti horario la cremallera va a tener un desplazamiento negativo (de derecha a izquierda) y para lograr que los neumáticos giren en dirección a la rotación indicada el brazo de acoplamiento debe ir delante del pivote de giro de la rueda, para que el vehículo se dirija, en este caso a la izquierda con el giro aplicado al piñón.

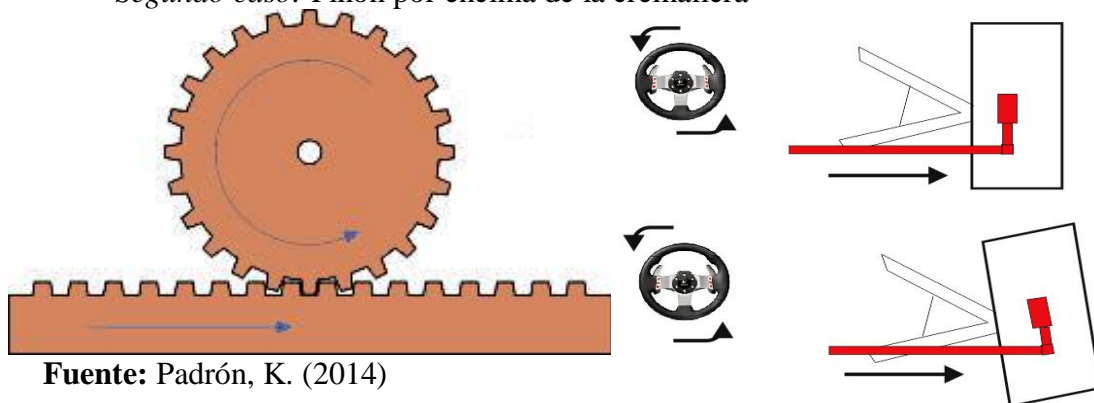


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 13

Pivoteo en los neumáticos cuando el piñón está por debajo de la cremallera.

Segundo caso: Piñón por encima de la cremallera

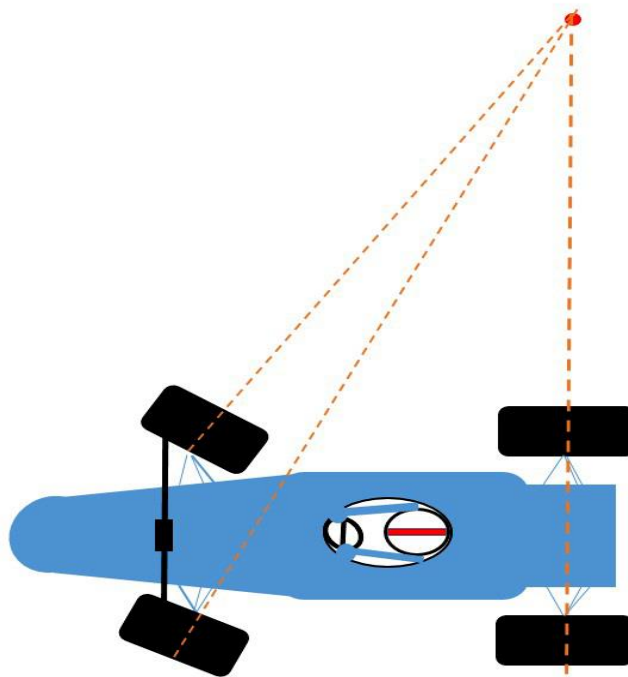


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 14

Movimiento del Piñón cuando se encuentra por encima de la cremallera.

En el segundo caso, cuando el piñón se encuentra encima de la cremallera y se impulsa al engranaje en sentido horario, la cremallera va a tener un desplazamiento positivo (de izquierda a derecha). A diferencia del anterior para que los neumáticos giren en dirección a movimiento aplicado, el brazo de acoplamiento debe ir detrás del pivote de giro de la rueda, de este modo el vehículo conducirá hacia la izquierda.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 15

Pivoteo en los Neumáticos Cuando el Piñón está por Encima de la Cremallera.

Asesores Externos

Se refieren a informantes ajenos al grupo de investigación FSAE UFT y la universidad como especialistas en mecánica automotriz, donde se dialogó con 9 trabajadores. En cuanto a la información obtenida se encuentra:

1. Es importante el material a utilizar en la caja de dirección, ya que la misma debe resistir a los esfuerzos que se le aplicarán, así como también el roce entre los engranajes etc.

2. En cuanto al brazo de acoplamiento, sólo es necesario sustituir la rótula en caso de que tenga juego, ya que provoca una dirección imprecisa, además puede causar la rotura de la rótula y la pérdida del control del vehículo.

3. La precisión del sistema de dirección es fundamental para el manejo del vehículo y se consigue haciendo que el mecanismo no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa.

Asesores FSAE

En ellos se encuentran los estudiantes participantes en las competencias SAE localizados en Venezuela como son FSAE UCV (Fórmula SAE de la Universidad Central de Venezuela) en la capital Caracas y FSAE LUZ (Fórmula SAE de la universidad del Zulia) en el estado Zulia. Gracias a su apoyo se obtuvo:

1. El sistema de dirección debe realizarse con sistemas de fácil manejo para el montaje y desmontaje para un mayor desempeño en la competencia.

2. El mecanismo de piñón y cremallera es el más sencillo y común en este tipo

de competencia, es necesario un piñón pequeño para evitar una caja de mayor tamaño que reduzca el espacio interno en el auto, además que el recorrido de la cremallera es muy corto en relación a las curvas que se presentan.

Observación Directa

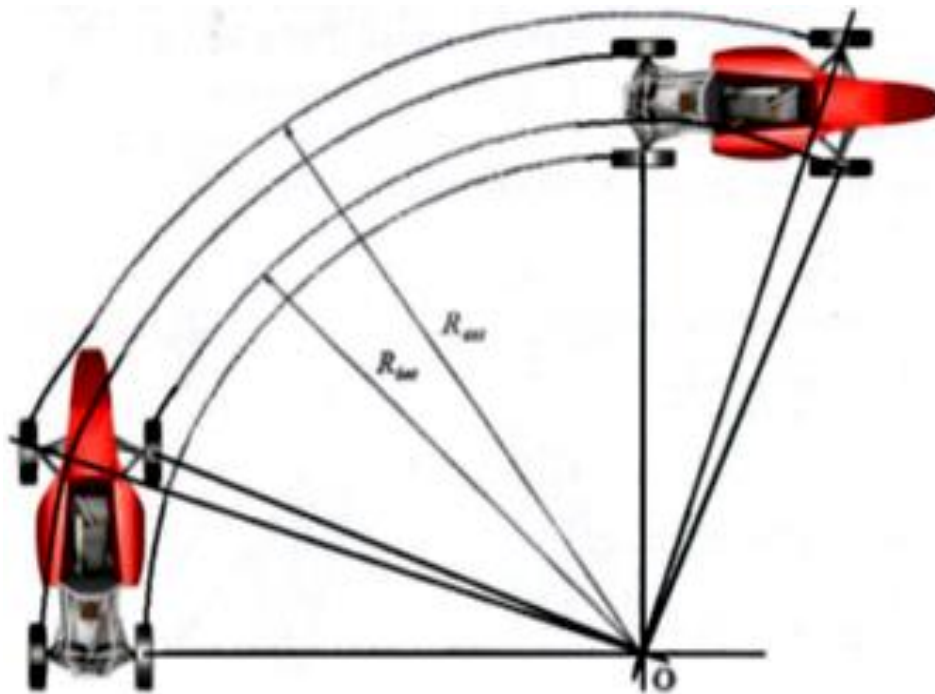
En cuanto al estudio de observación directa se presentó la oportunidad de desarmar un sistema de dirección de un auto Jeep Cherokee, la cual se pudo examinar y comparar con lo establecido por la norma FSAE, además de ser tomada en consideración para el diseño de dicho sistema en estudio. Se observó la posición del piñón, en relación de los dientes de la cremallera

Investigar en qué consiste la prueba Skid Pad, estudiar cómo se evalúa en cuando al sistema de dirección.

Continuando el estudio, se tuvo la oportunidad de visitar a competidores FSAE en el país, como son los estudiantes de la Universidad Central de Venezuela (UCV), ya que los mismos finalizaron la construcción del vehículo tipo fórmula y se encontraban realizando las pruebas necesarias al automóvil.

Utilizando la herramienta de observación directa, se estudió el comportamiento del vehículo durante la simulación de la prueba SkidPad. En el momento en que el vehículo inicia su salida hacia la pista en forma de 8, comienza el funcionamiento de todos los mecanismos del mismo. El vehículo recorre 2 vueltas en cada círculo del

circuito de radio definido. En el inicio de la carrera se observó que el vehículo aceleraba lentamente hasta que el neumático más externo comienza a deslizarse y en ese punto la velocidad del coche se establece y registra. El sistema de dirección durante la aceleración se torna cada vez más cerrado y demuestra mayor maniobrabilidad, actuando de manera precisa y con la suavidad apropiada para que el piloto la controle a la velocidad en que viaja el vehículo.



Fuente: Cruz, G. y Mesías, D. (2013) Pág. 54.

Figura 16
Vehículo Circulando por una Curva de Radio Constante.

El caucho que desliza no causa ninguna vibración o descontrol en el vehículo debido a la condición Ackerman diseñada en él. Una de las funciones más importantes de la rueda es generar las fuerzas laterales necesarias para controlar o cambiar la

dirección del vehículo, y resistir fuerzas externas tales como ráfagas de viento o las creadas por las inclinaciones de la carretera. Estas fuerzas se generan gracias a un deslizamiento o a una inclinación lateral de la rueda (caída); o una combinación de ambos, en el momento en el que la fuerza lateral generada sobrepasa la fuerza de rozamiento máxima, ocurre el deslizamiento.

Investigar en que consiste la prueba Autocross, como se evalúa en cuanto al sistema de dirección.

Continuando con las pruebas realizadas y estudiadas al monoplaza del grupo FSAE UCV, pasan a la prueba Autocross, la cual es un poco más exigente que la anterior, ya que el coche se dirige en un curso apretado sin el estorbo de otros autos. Se percibe que el coche comienza andar a toda velocidad hasta encontrarse con las intersecciones cerrada de la pista en donde reduce su velocidad y continua así durante todo el circuito. La eficiencia del sistema de dirección es de suma importancia ya que cada obstáculo se encuentra a una distancia cercana a la otra por lo que el piloto debe dirigir como mucha precisión el vehículo de extremo a extremo. La duración de cada carrera es de aproximadamente 0,805 kilómetros (1/2 milla) y el conductor completa un número determinado de intervalos.

La velocidad media debe ser de 40km/h (25 mph) a 48 km/ h (30 mph), en donde el sistema de dirección debe reaccionar a gran velocidad por los cruces forzosos que

debe efectuar el piloto, por lo que la misma se debe encontrar en óptimas condiciones tanto en la caja como en el pivoteo de los brazos de acoplamiento hacia los neumáticos.

Estudiar qué es la prueba Endurance, analizar cómo se evalúa referente al sistema de dirección y cómo tener un sistema de dirección óptimo para ésta.

Para terminar con los ensayos efectuados al vehículo monoplaza de los estudiantes de FSAE UCV para estudiar el auto y que el mismo se encuentre en condiciones óptimas, preparado para la competencia. En cuanto a lo que el sistema de dirección se refiere se culmina con la prueba Endurance o prueba de resistencia. Es una competencia contra reloj, en ésta se demuestra la capacidad y eficiencia de coche, por ejemplo la calidad de los materiales utilizados para la fabricación de las piezas de cada mecanismo, el diseño estructural también influye en la resistencia del auto. La velocidad media debe ser de 48 km / h (29.8 mph) a 57 km / h (35.4 mph) con una velocidad máxima de aproximadamente 105 km / h (65.2 mph).

Dicha prueba se realiza con varios vehículos de la competencia en donde se debe demostrar, velocidad, durabilidad y plan estratégico por parte del equipo especialmente del piloto en el momento de la carrera, sin embargo en la prueba realizada por el grupo FSAE UCV, se encontraba el monoplaza únicamente, ya que sólo se requería el ensayo del mismo. El sistema de dirección soportó de manera eficiente la prueba. Donde se pudo notar que el volante es más suave cuando está en movimiento, esto se debe, a que al estar en movimiento se reduce el esfuerzo de contacto en los neumáticos que al estar

estático (o estacionado). También se detalló que el volante no tiene casi juego al girar, lo que resulta del buen acople entre el piñón y la cremallera, siendo de gran ayuda para el piloto, pues le brinda la oportunidad al conductor de aplicar su destreza sobre la pista.

Seleccionar los materiales para la construcción del sistema de dirección.

Los materiales a utilizar en la construcción del sistema de dirección son: Acero AISI/SAE 1020 para la construcción de la columna de dirección, la caja de dirección que incluye el piñón-cremallera, los brazos de acoplamiento en conjunto de las rótulas internas y los terminales.



Fuente: Padrón, K. (2014)

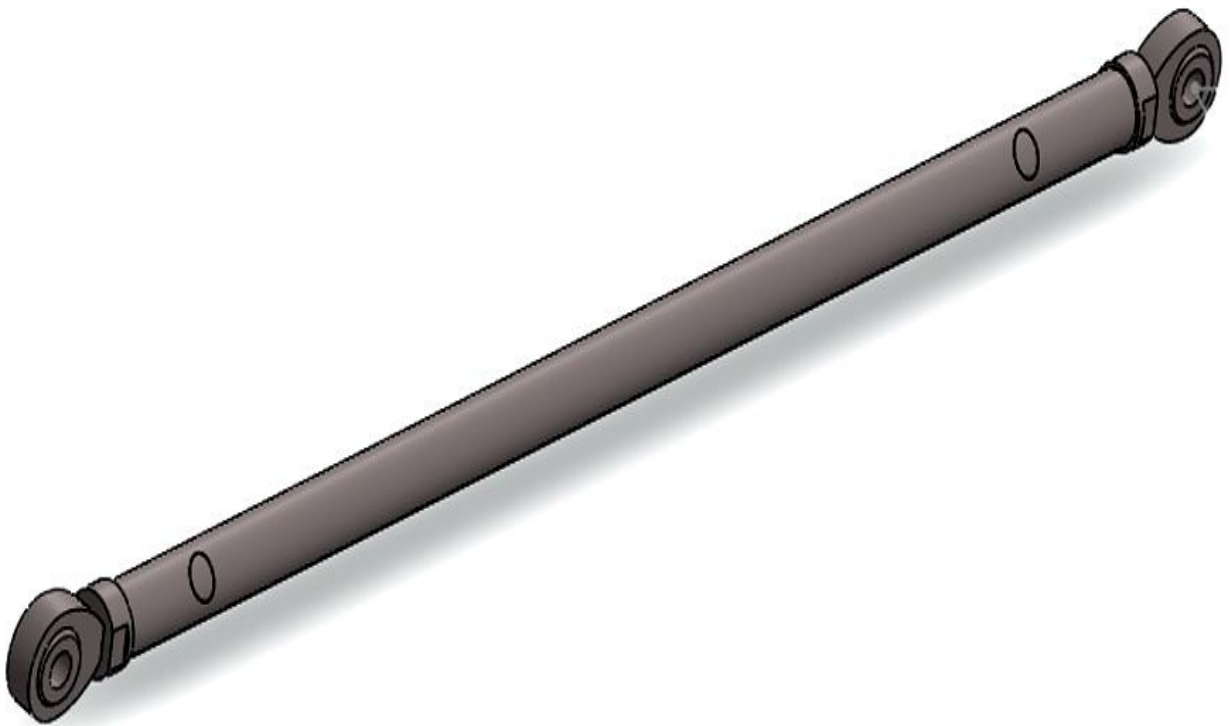
Figura 17
Engranaje Elaborado con Acero AISI 1020.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 18
Cremallera Elaborada con Acero AISI 1020.

Tanto el piñón como la cremallera son fabricados con acero AISI 1020, la diferencia de estos dos elementos con respecto a los demás, es que dicho material debe ser modificado superficialmente para mejorar su capacidad al roce, desgaste, resistencia y temperatura, con un tratamiento de *cementado*.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 19
Brazo de Acoplamiento Diseñado con Tubo de Acero AISI 1020.

Los brazos de acoplamiento del sistema de dirección están diseñados con tubo de acero AISI 1020 de espesor de 1/2", sin embargo dicho elemento también requiere de

un procedimiento superficial diferente al anterior, aplicando un tratamiento de *pavonado*, se protegerá la superficie de la barra, ante la corrosión, ya que está expuesta a las condiciones de la pista de carrera y su ambiente.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 20
Columna de Dirección con Barra de Acero AISI 1020.

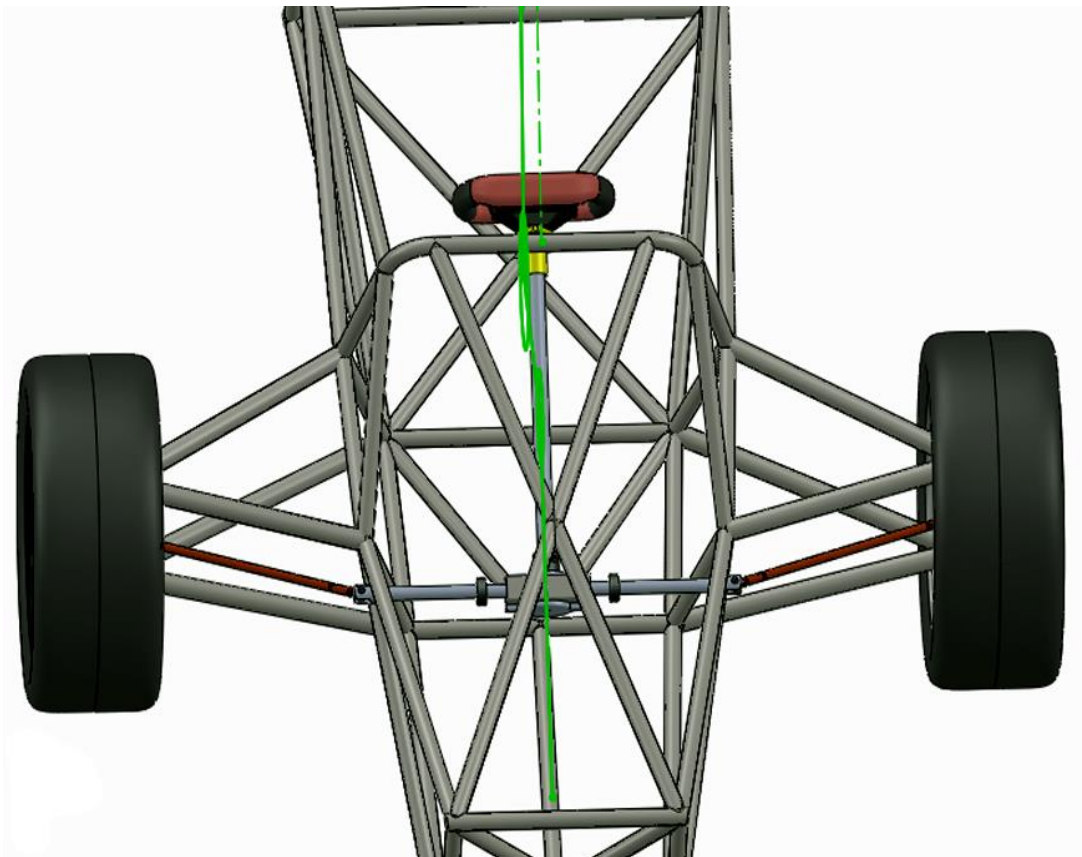
La columna de dirección fue modificada, ya que se excluyó el cardan del diseño. Esto se debe a que se cambió la posición de la cremallera. Se Situó en la parte superior del chasis, quedando por encima de los pies del piloto, permaneciendo de la siguiente manera:



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 21
Diseño Final del Sistema de Dirección.

Es importante que la ubicación del sistema de dirección no interfiera con el espacio donde se encontrará el piloto, ya esto puede ocasionar una obstrucción a la hora de salir o entrar al vehículo además de generar descontrol al piloto por la reducción de movimientos.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 22
Posición de la cremallera en el chasis.

Determinar los parámetros que afectan el sistema de dirección.

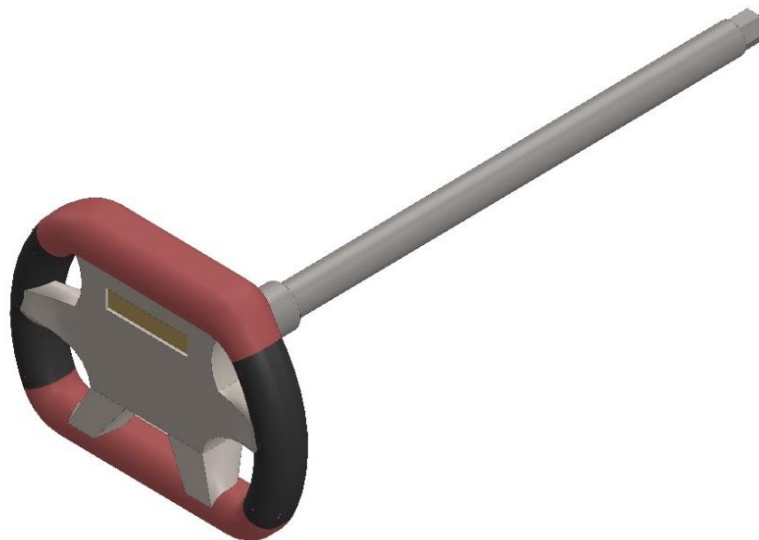
La dirección al ser un sistema mecánico, está sometida a cargas a elementos que ofrecen resistencia, se presentan deformaciones en su estructura, claro que esto

depende de la carga que se le aplica. A las fuerzas que actúan sobre los cuerpos se les conocen como esfuerzos mecánicos. Existen diferentes tipos de esfuerzos mecánicos, sin embargo en el sistema de dirección actúan cuatro (4) diferentes esfuerzos los cuales son: Torsión, Flexión, Compresión y Tracción. Dichos esfuerzos serán estudiados y simulados para demostrar la resistencia del sistema de dirección ante diferentes circunstancias.

Determinar los esfuerzos mecánicos que se aplican en el sistema de dirección.

Cálculos de esfuerzo Torsor para la columna de dirección.

El análisis de rigidez torsional se establece mediante la aplicación de una carga que intente rotar uno de los ejes del vehículo mientras el otro permanece estático. Se analizan condiciones que se puedan presentar.



Fuente: Padrón, K. (2014)

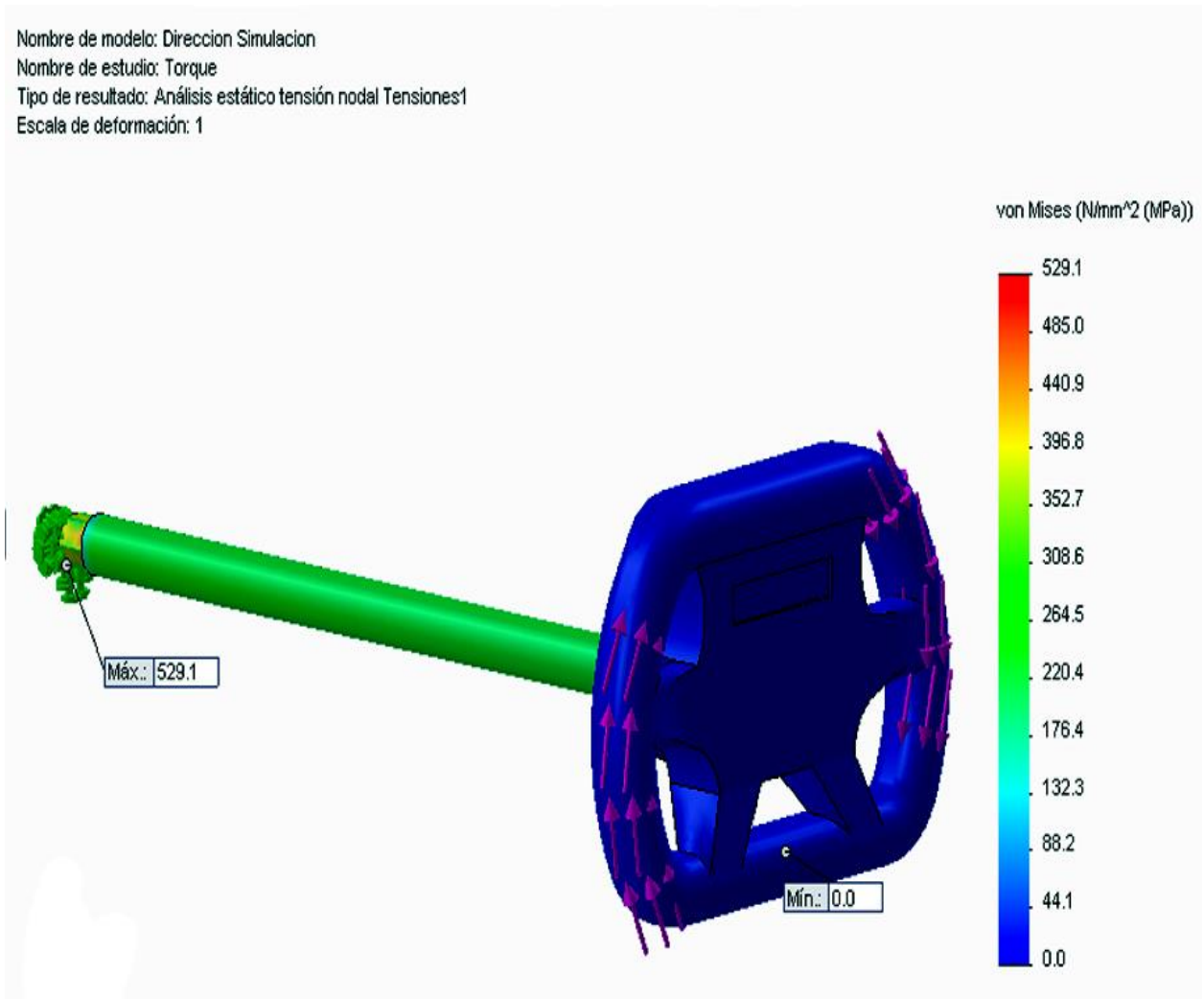
Figura 23
Diseño Final de la Columna de Dirección y Volante.

Cuadro 5
Especificaciones de Columna y Volante

Piezas	Distancia	Masa	Peso
Columna	429.51 mm	1.69592 kg	16.62 N
Volante	X: 248.16 mm Y: 174.50 mm	4.22310 kg	41.38 N

Fuente: Padrón, K. (2014)

Según Eastman Kodak (1983) en su libro “Ergonomic Design for People at Work”, “La fuerza tangencial que se aplica sobre un volante, ronda entre los 20N y 200N”, la cual depende de la posición de las ruedas respecto al piloto. Como el piloto aplique la fuerza en el diámetro exterior del volante, el momento que se aplica sobre la columna de dirección irá en aumento según se incremente dicho diámetro, aun manteniendo la misma magnitud de fuerza aplicada. Con la ayuda del software de diseño llamado SolidWorks 2013, se logró realizar la simulación del esfuerzo torsional aplicando un fuerza de 200N, el equivalente a 20kg como prueba en un caso de riesgo extremo, a la columna de dirección maniobrado por el volante, a lo que se obtuvo el torque y deformación indicado en la figura.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 24
Análisis Estático Torsional a la Columna de Dirección y Volante.

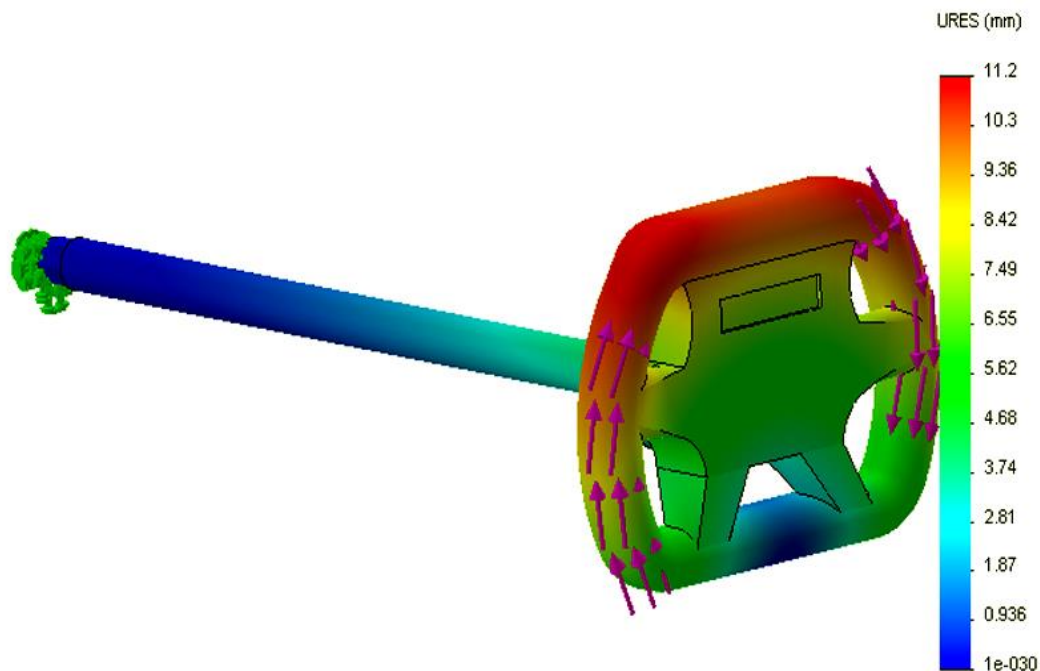
El análisis estático realizado a la columna y el volante mostraron los valores de tensión resultantes de la carga aplicada y representada por los colores azul oscuro y verde, donde se observan en el volante y la barra de la columna respectivamente. Las cifras rondan entre 0.0 a 529.1 N / mm² (Mpa).

Cuadro 6
Análisis Estático Columna y Volante

	Tensión de Von Mises N/mm ² (Mpa)	
	Mín	Máx
Columna	220.4	352.7
Volante	0.0	44.1

Fuente: Padrón, K. (2014)

Nombre de modelo: Direccion Simulacion
Nombre de estudio: Torque
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1

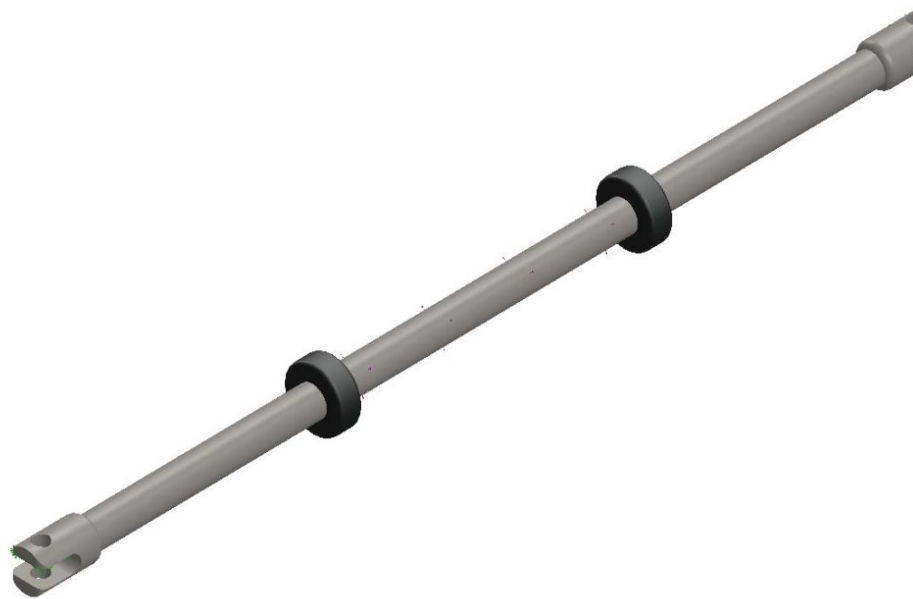


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 25
Desplazamiento Estático de la Columna y el Volante.

Los colores indican los lugares en donde se concentran los esfuerzos desde el mínimo simbolizado por el color azul oscuro, hasta el máximo que es representado por el color rojo. El desplazamiento resultante va desde 0.0 mm en el volante, hasta 11.2 mm en el extremo de la cremallera.

Elaborar los cálculos de esfuerzo flector para la evaluación de la cremallera.



Fuente: Padrón, K. (2014)

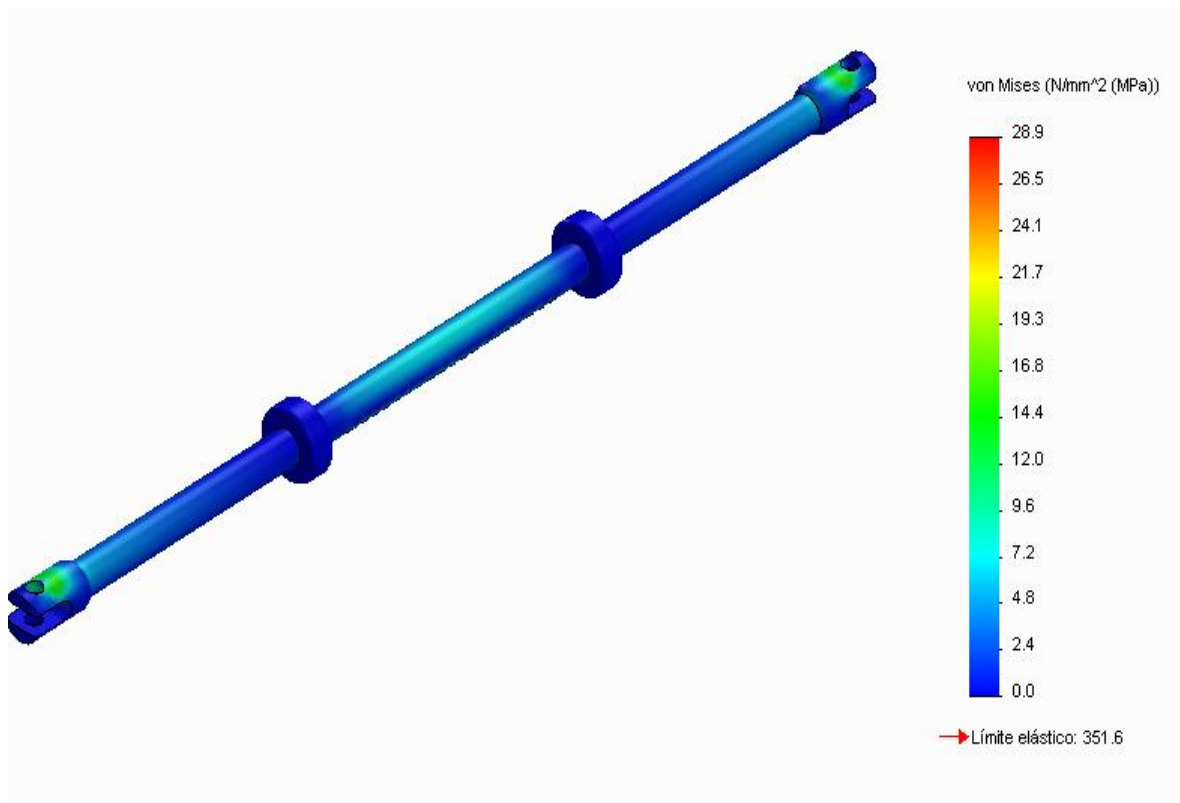
Figura 26
Diseño Final de la Cremallera.

En el estudio sistematizado de la cremallera se presentó un esfuerzo flector en la misma que debe ser imitado para demostrar que en casos de máxima dificultad mecánica o técnica el sistema responderá o resistirá de manera correcta a los movimientos aplicados al mecanismo. Por ende, se realizó la simulación del esfuerzo flector actuando en la cremallera y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 7
Dimensiones de la cremallera

Piezas	Distancia	Masa	Peso
Cremallera	600 mm	1.51105 kg	14.8083 N

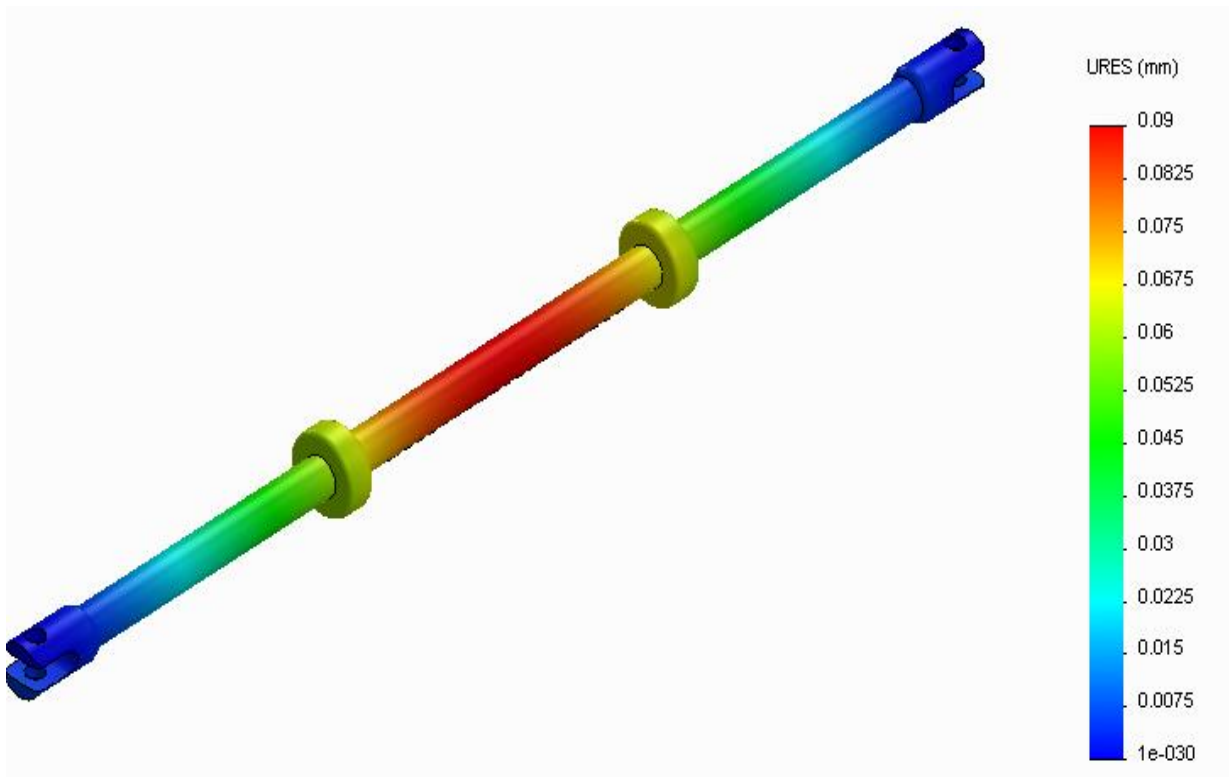
Fuente: Padrón, K. (2014)



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 27
Análisis Estático de Tensión en la Cremallera.

En las tensiones aplicadas a la cremallera los colores azul oscuro y azul celeste muestran la concentración de esfuerzos, que van en un rango de 0.0 a 10.0 N/mm² o Mpa.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 28
Desplazamiento Estático en la Cremallera.

La distancia o desplazamiento producido por la carga aplicada de 200 N, ocasionó un rango que va desde 0.0 a 0.09mm desde el centro (Rojo) con el máximo valor, hasta los extremos (Azul oscuro) con el mínimo. Estos valores tan considerablemente pequeños no producen ningún efecto visual en la barra, por lo que se suponen despreciables pero importantes para el aporte de la investigación.

Realizar los cálculos necesarios de esfuerzos de compresión y tracción para los brazos de acoplamiento.

Durante el funcionamiento del mecanismo del sistema de dirección se producen esfuerzos de compresión y tracción en los brazos de acoplamiento durante su desempeño. Para conocer el comportamiento de estos esfuerzos en las secciones se realizó una simulación de una circunstancia intensa para el sistema y sus componentes, en este caso, los brazos de acoplamiento. Ante esta situación al igual que los anteriores se aplicó una fuerza de 200 N para comprimir y estirar el brazo, analizando los resultados y verificando que el mecanismo sea capaz de resistir una situación como ésta. De la siguiente manera se presentarán los resultados de la prueba.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 29
Diseño Final de los Brazos de Acoplamiento.

El sistema de dirección posee dos tubos en los extremos de la cremallera con unas rótulas en las puntas para su agarre, a este mecanismo se le llama brazos de acoplamiento y su función es transmitir el movimiento de la cremallera a las ruedas del vehículo.

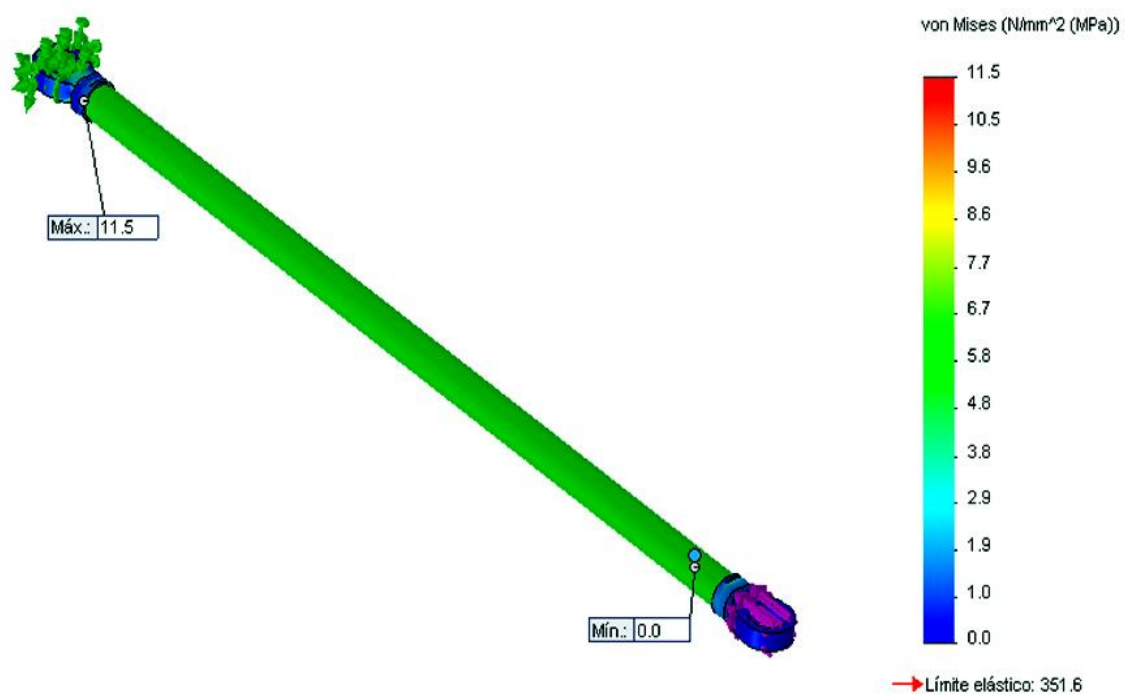
Cuadro 8
Dimensiones del Brazo de Acoplamiento

Piezas	Distancia	Masa	Peso Unitario
Brazo	339.70 mm	0.0896964 kg	0.879024 N
Rótula	48.97 mm	0.0340301 kg	0.3334 N

Durante la ejecución del mecanismo de los brazos en el sistema de dirección, a éstos se le aplican una serie de esfuerzos, que es necesario evaluar para asegurar la resistencia del material ante cualquier situación. En el proceso mientras uno de los brazos se encuentra hostigado por un esfuerzo de compresión, su contraparte se percibe en tracción y viceversa al continuar en movimiento.

Ensayo de Compresión

Nombre de modelo: Brazo de Acoplamiento
 Nombre de estudio: brazo
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 30
Análisis Estático por Compresión en los Brazos de Acoplamiento.

Cuadro 9
 Análisis Estático de compresión

	Tensión de Von Mises N/mm ² (Mpa)	
	Mín	Máx
Brazo	0.0	11.5

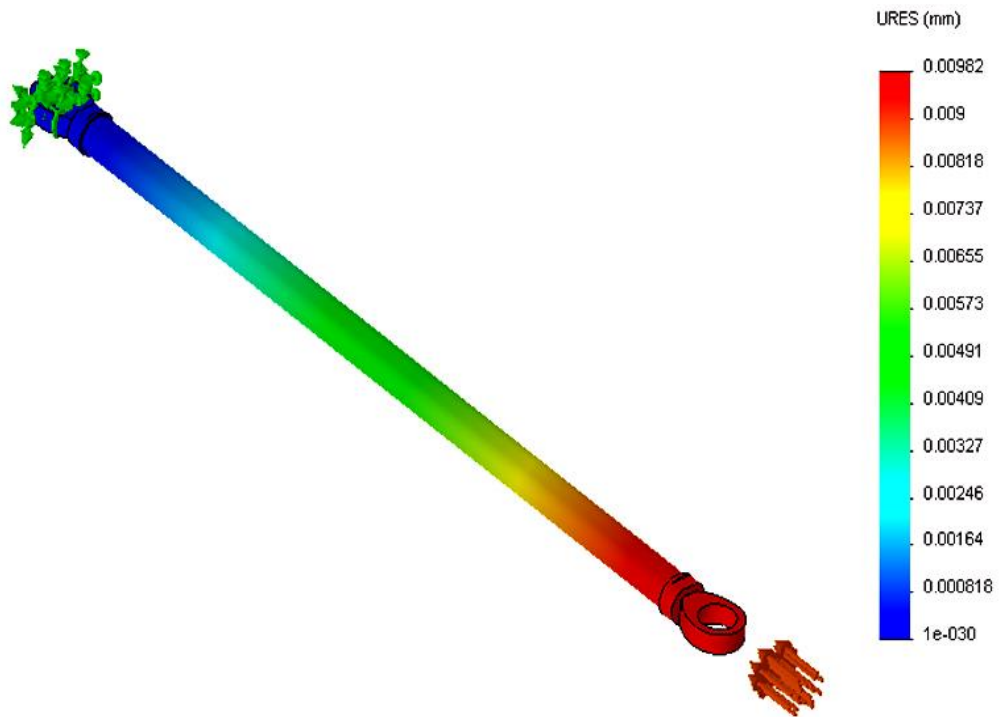
Fuente: Padrón, K. (2014)

Los tonos observados en el brazo, resultado del ensayo muestran los esfuerzos aplicados en el mismo, que van desde 0.0 a 7.7 N/mm² (Mpa), es decir, desde el matiz azul oscuro hasta el verde limón según el elemento.

Análisis de Desplazamiento Estático:

Este estudio muestra el desplazamiento ocurrido en la pieza durante la aplicación de esfuerzos que lo deforman en este caso el esfuerzo empleado fue de compresión.

Nombre de modelo: Brazo de Acoplamiento
Nombre de estudio: brazo
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 3949.22



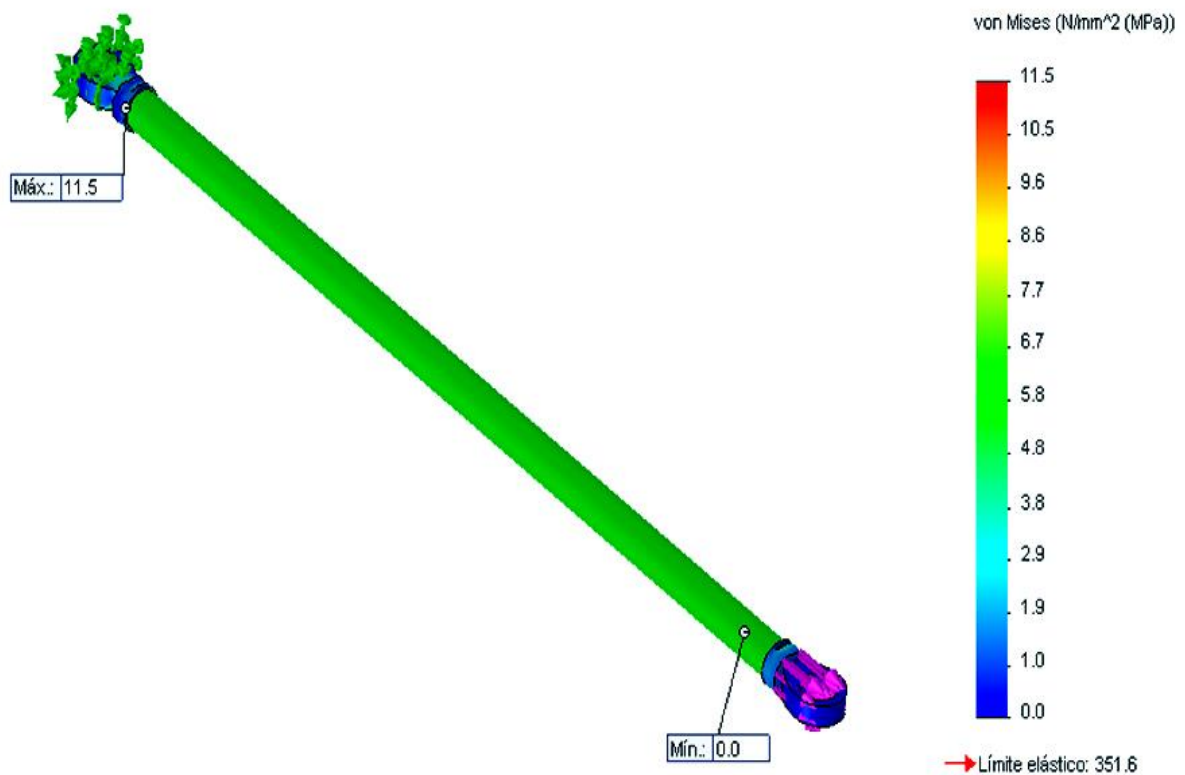
Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 31
Desplazamiento Estático por Compresión en los Brazos de Acoplamiento.

Sin embargo, como se observan los valores de desplazamiento resultante (URES) van de 0.0 a 0.00982128 mm, a lo que se puede acotar que es una medida muy pequeña de deformación que no afecta en lo absoluto al elemento durante su funcionamiento.

Ensayo de Tracción

Nombre de modelo: Brazo de Acoplamiento
 Nombre de estudio: brazo
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

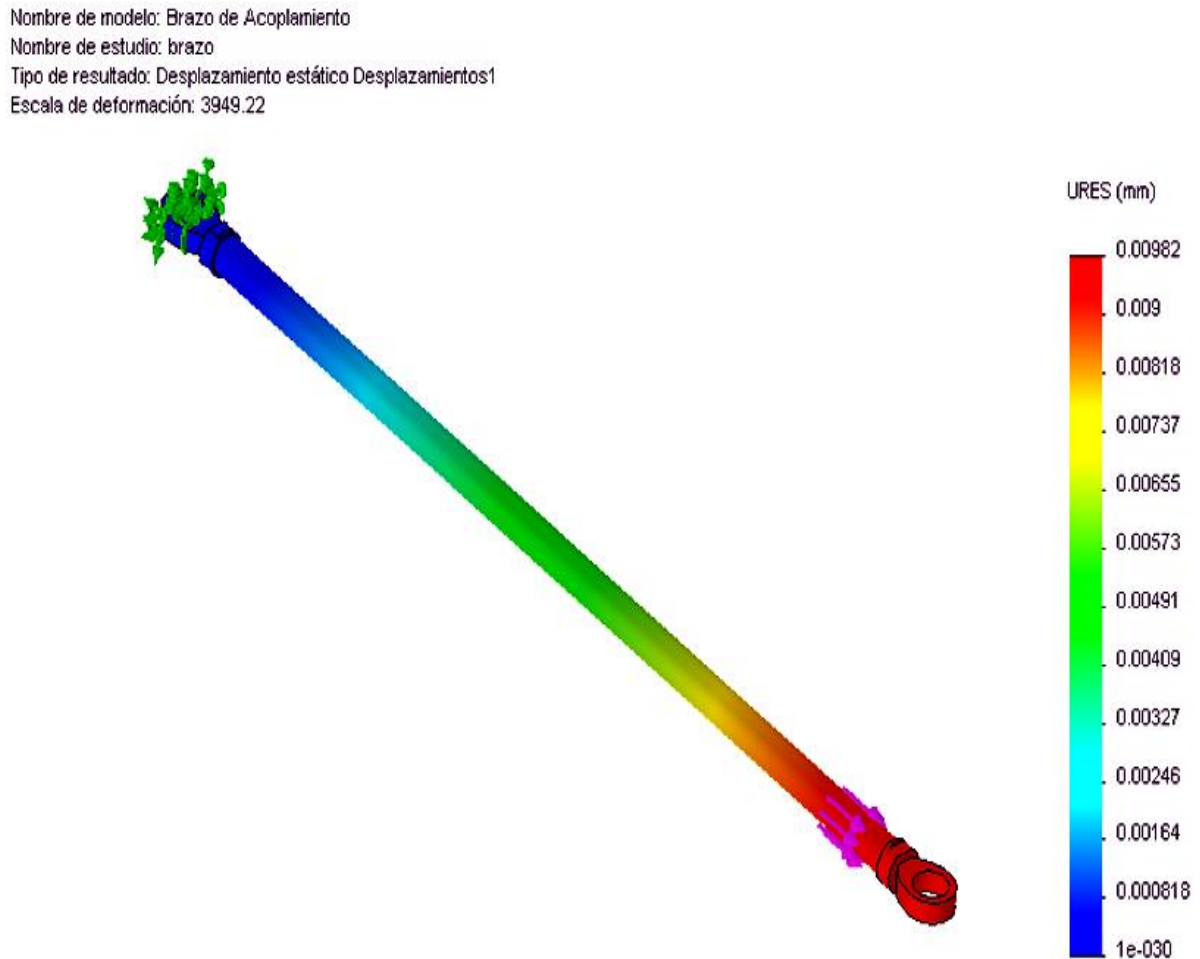


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 32
Análisis Estático por Tracción en los Brazos de Acoplamiento.

Se observan los resultados que arrojó el ensayo de tracción los cuales se asemejan con

los del estudio anterior a diferencia de que la pieza ya no está siendo contraída sino estirada, entre los datos mostrados por la gama de colores en el brazo.

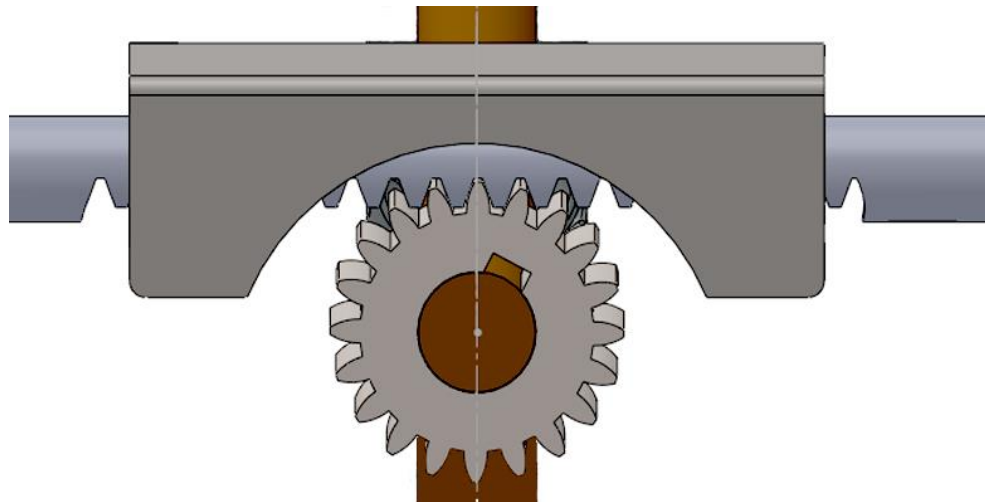


Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 33
Desplazamiento Estático por Tracción en los Brazos de Acoplamiento.

Los valores en cuanto al desplazamiento efectuado por la distorsión, también son considerablemente mínimos para causar alguna anomalía en la marcha del mecanismo.

Elaborar la unión correcta entre el piñón y la cremallera, tomando en cuenta el paso de los dientes.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 34
Unión de Piñón y Cremallera en la Caja de Dirección.

“Cálculos para piñón y la cremallera”

Tanto el piñón como la cremallera son realizados con un Módulo de 2.5.

Paso: $3,1416 \times M = 3,1416 \times 2.5 = 7,854 \text{ mm}$

El piñón es diseñado con 20mm de espesor y una cantidad de **16** dientes. Se tiene un diámetro primitivo de:

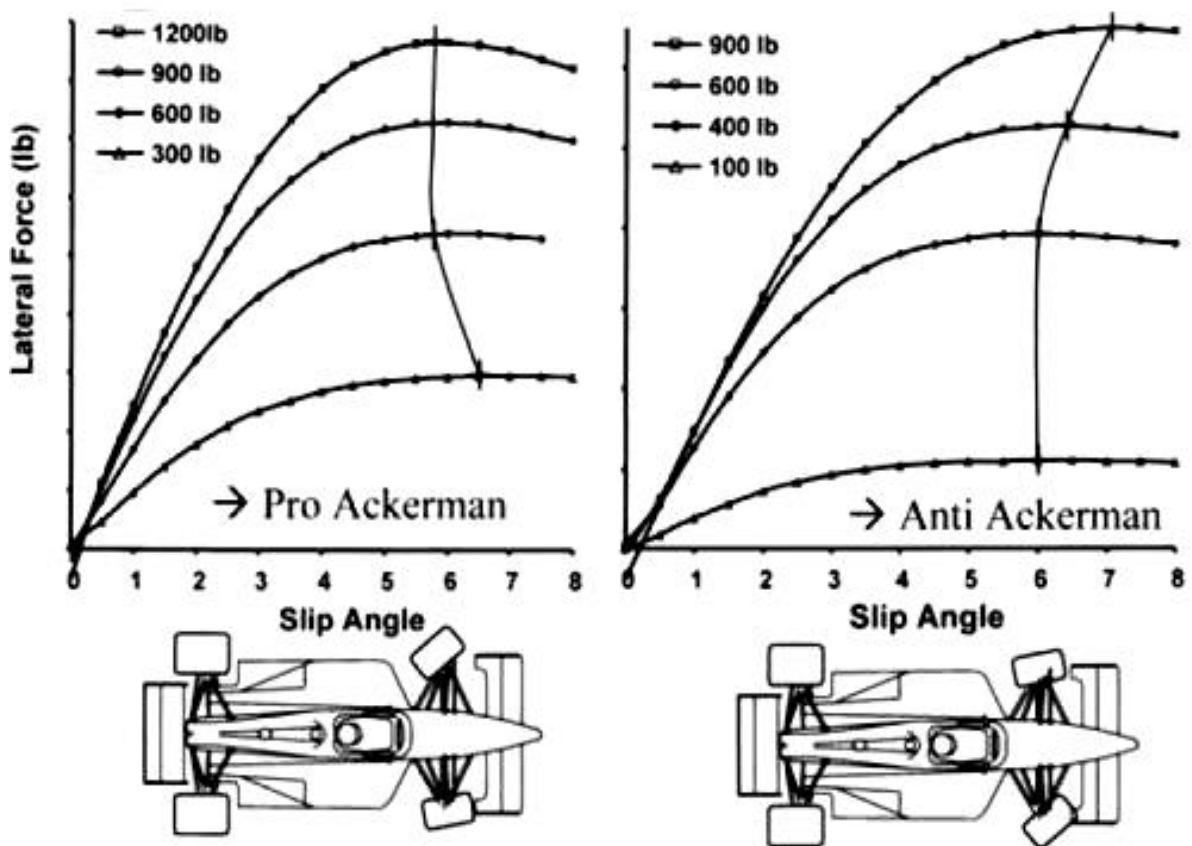
$$D_p = M \times N = 2.5 \times 16 = 40 \text{ mm}$$

Cálculo de velocidad de la cremallera:

$$V = D/2 = 40 / 2 = 20 \text{ m/s}$$

Consideraciones

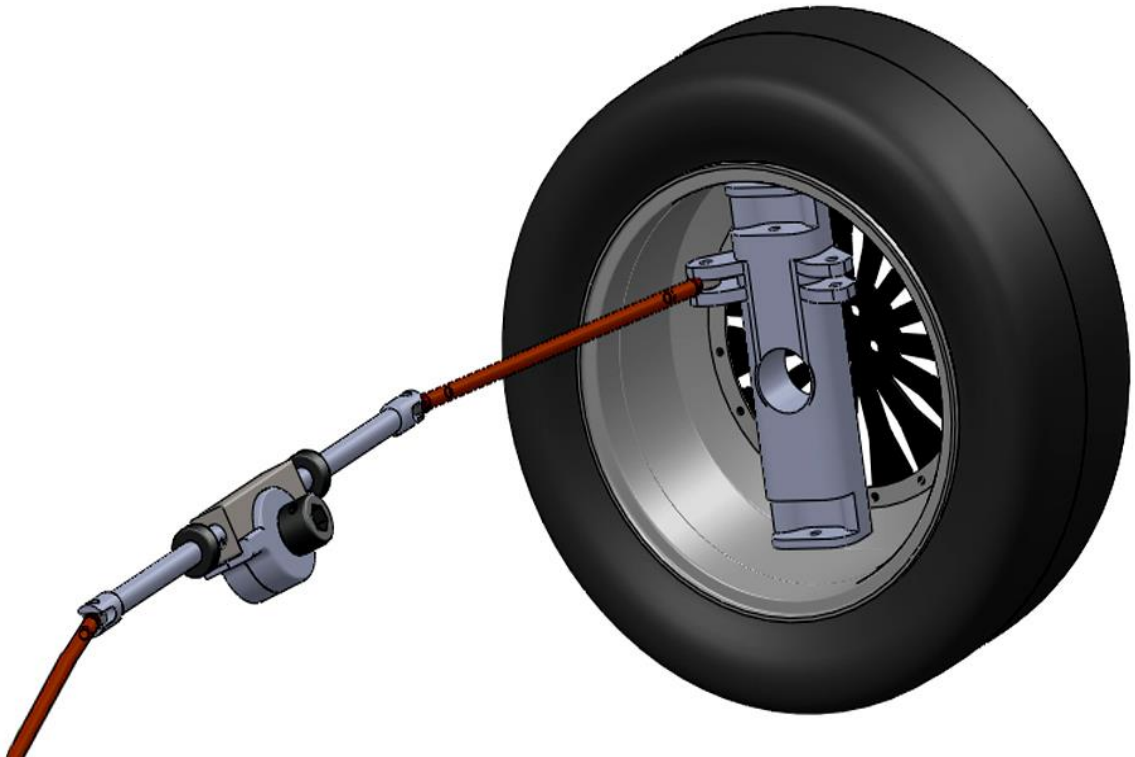
Mientras que la razón de usar un Ackerman negativo (Anti Ackerman) en un vehículo de competición, es que en competencia se va a tener aceleraciones laterales muy elevadas y por la inercia que esto produce va a tener mejor asentamiento y adherencia al piso el neumático del exterior, por lo que usando anti Ackerman se va a tener una mejor respuesta en curva.



Fuente: Cruz, G. y Mesías D. (2013)

Figura 35
Fuerza Lateral Cuando la Condición es Ackerman o Anti-Ackerman.

El Ackerman negativo determinó la posición de la cremallera ante el piñón (arriba), además de la ubicación de pivoteo de los brazos de acoplamiento para cumplir con la condición mencionada.



Fuente: Padrón, K. (2014)

Figura 36
Ubicación del Pivoteo por Ackerman Negativo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el diseño de un mecanismo se deben plantear las metas u objetivos que se desea plasmar en el vehículo, trabajar para disminuir masa es muy importante lo que conlleva a trabajar en análisis de materiales, geometría y procesos de manufactura. El sistema de dirección con piñón y cremallera, tiene un control más preciso sobre el ángulo de giro de las ruedas al dar una curva, al convertir el movimiento rotatorio de la columna de dirección en un movimiento completamente lineal.

El sistema de dirección ejecutado y mejorado para una mayor eficiencia y menos costo, la ausencia del cardán reduce el posible juego en el volante causado por desajuste. En cuanto a los materiales seleccionados se obtuvo una excelente unión en el ensamblaje del sistema, en especial en la caja de dirección, ya que es una pieza fundamental para el funcionamiento del mecanismo.

Recomendaciones

El diseño del sistema se debe realizar de manera sencilla para facilitar su reparación, siendo bastante comercial disminuye costo y su instalación dentro de vehículo.

El diseño del sistema se debe realizar en un programa de dibujo asistido por computadora y con los componentes que se va a incorporar al sistema, para poder

determinar exactamente donde está ubicado el centro de gravedad con la herramienta del software y manipular sus dimensiones.

El sistema de dirección es de libre diseño o selección, sin embargo sea cual sea el diseño seleccionado el sistema de dirección debe operar sobre las dos ruedas delanteras.

Todos los sistemas de dirección requieren de un adecuado mantenimiento periódico, al que generalmente no se les presta atención, ocasionado con el tiempo que problemas menores se transformen en mayores ya que, si falla la dirección, que es la que guía auténticamente el auto a voluntad de su conductor, las consecuencias pueden ser muy graves.

Los componentes de la dirección están tan interconectados, que tan sólo el desgaste de una de sus piezas puede comprometer de forma seria la capacidad para conducir, detener, o mantener la estabilidad del vehículo. Por lo tanto, es necesario verificar periódicamente que cada uno de los elementos del sistema de dirección funcione correctamente, los que más se deterioran son los extremos, la cremallera, los bujes de guía de la barra y el piñón de dirección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F (2006). **El proyecto de Investigación**. Caracas: Editorial Episteme.
- Balanguera, S., Fonseca, A. y Jiménez, J. (2011). **Diseño y Construcción de un Monoplaza como Soporte para la Propuesta de una Competencia Universitaria de Vehículos Monoplaza “Formula u Colombia”**.
- Balestrini, A. (1997). **Como se Elabora un Proyecto de Investigación**. Editorial Venezuela.
- Baras, M. y Ramírez, A. (2004). **Diseño de un Sistema de Transmisión para un Aerogenerador Unifamiliar para el Abastecimiento de Energía Eléctrica Caso Caserío San Agustín del Municipio Miranda, estado Falcón**.
- Bernoulli, E. (1738). **Teorías de Vigas de Euler Bernoulli**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Viga> [Consulta: 2013, Julio 20].
- [Cantos \(2006\). Diseño, Análisis, Ensayo y Construcción de Sistema de Dirección para un Prototipo de Formula SAE.](#)
- [Casillas A.L \(2008\). Máquinas Cálculos de Taller.](#)
- Castellano, J. (2009). **Diseño de un Sistema de Frenos para un Monoplaza Tipo Formula SAE**.
- Caridad, L (2008). **Marco Metodológico**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/emilmichinel/marco-metodolgico1-presentation> [Consulta, 13 Julio, 2013].
- CEJAROSU (2005). **Rueda Dentada de Engranaje**. http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_ruedentada.htm [Consulta, 13 Julio, 2013].
- CONALEP, (2011). **Guía para el Mantenimiento de Sistemas de Dirección**.
- [Coulomb, \(1785\). Ley de Coulomb.](#) [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/fisica/Tema13.html> [Consulta: 2013, Abril 10].
- [Cruz y Mesías \(2012\). Diseño, construcción e implementación de sistemas de suspensión, dirección y frenos del vehículo de competencia Formula SAE 2012.](#)

[Faires, V \(2008\). Diseño de Elementos de Maquinas. 3era edición.](#)

Fórmula SAE Rules (2013). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/2013fsaerules.pdf> [Consulta: 2013, Abril 10].

Funtasticko.net (2013). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://funtasticko.net/info-steering/>. [Consulta: 22 Febrero, 2014].

Hernández y otros (2006). **Metodología de Investigación**. Cuarta edición, México: McGraw-Hill.

Hurtado, L. y Toro, J. (1999). **Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambio**. Tercera edición. Episteme consultores asociados c.a. Caracas, Venezuela.

Kalpedia (2008). **Mecanismos de Transformación**. [Página Web en línea]. Disponible en: http://ve.kalipedia.com/tecnologia/tema/direccion-automoviles.html?x=20070822klpingtcn_62.Kes&x1=20070822klpingtcn_58.Kes [Consulta: 2013, Agosto 10].

Kodak, E. (1983). **Ergonomic Design for People at Work**.

Luque, P (2008). **Ingeniería de Automóvil, Sistemas y Comportamiento Dinámico**. Thomson Editoriales.

Macario (1980).). **El Valor de la Evaluación del Aprendizaje**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://dieumsnh.qfb.umich.mx/evaluacion.htm> [Consulta: 2013, Julio 10].

Manual para la Preparación del Trabajo de Grado de la Universidad Fermín Toro (2002). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.uft.edu.ve/descargas/Reglamento%20Trabajo%20de%20Grado%20Pregrado%20Octubre%202012.pdf> [Consulta, 19 Julio, 2013].

Maldonado, T (1986). **Conceptos Básicos del Diseño Industrial**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/gestion/1.pdf> [Consulta, 8 Julio, 2013].

[Mott, R \(2006\). Diseño de Elementos de Máquinas. 4ta edición](#)

[Mott, R \(2006\). Resistencia de Materiales Aplicada. 4ra edición](#) México: Editorial Pearson.

- Normas ISO, (1998). [Página Web en línea]. Disponible en: http://www.ucongreso.edu.ar/grado/carreras/lsi/2006/ele_calsof/Norma_ISO_9001-2000.pdf [Consulta, 24 Julio, 2013].
- Pacheco, M (2010). **Población y Muestra**. [Página Web en línea]. Disponible en: http://msctecnologiaeducativa3.blogspot.com/p/poblacion-y-muestra_19.html [Consulta, 15 Julio, 2013].
- POPA, C (2005). **Steering System and Suspension Design for 2005 Formula SAE-A Facer Car**. University of southern Queensland. Pág. 125.
- Ramírez, T. (1999). [Página Web en línea]. Disponible en: **Descripción Sistemática de la Estructura de un Trabajo de Investigación**. <http://www.monografias.com/trabajos67/descripcion-sistemica-estructura/descripcion-sistemica-estructura2.shtml> [Consulta, 15 Julio, 2013].
- Sinner (2010). Columna de Dirección**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.bacanalnica.com/foros/viewtopic.php?f=41&t=102980> [Consulta, 2 Agosto, 2013].
- Someinterestingfacts, (2012). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://someinterestingfacts.net/wp-content/uploads/2012/12/How-Car-Steering-Works.jpg>. [Consulta, 20 Febrero, 2014].
- Tamayo y Tamayo (1997). **El Proceso de la Investigación Científica**. Editorial Eldorado, caracas.
- Tapia, M (2000). **Metodología de la Investigación** [Página web en línea] Disponible en: <http://angelfire.com/emo/tomaustin/Met/metinacap.htm> [Consulta, 20 Junio, 2013].
- Tapia (2002) y Hernández (2003). **Paradigma de Investigación Cuantitativa y Etapas**. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/08/paradigma-de-investigacion-cuantitativa.html> [Consulta, 19 Julio, 2013].
- Valencia J. (2007). **Sistemas de Suspensión, Amortiguación y Dirección**.
- Villar C. (2006). **Diseño Conceptual y Dinámica Vehicular de un Fórmula SAE**.
- Shigley, J (2009). Diseño en Ingeniería Mecánica. Octava edición** México: Editorial McGraw Hill.
- Orested, H. (1825). **Historia del Aluminio**. [Página web en línea] Disponible en:

<http://www.indexal.com/es/node/136> [Consulta, 19 Julio, 2013].