

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero
Mecánico Automotriz.

PROYECTO TÉCNICO:
“DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO PARA EL VEHÍCULO FÓRMULA SAE ELÉCTRICO
2017”

AUTORES:

JUAN ANDRES MALLA BUESTAN
FRANCISCO ALEJANDRO SAMANIEGO MARCA

TUTOR:

M.I. JONATAN POZO PALACIOS

Cuenca, noviembre 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Malla Buestán Juan Andrés con documento de identificación N° 0106664238 y Samaniego Marca Francisco Alejandro con documento de identificación N° 0105986590, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA EL VEHÍCULO FÓRMULA SAE ELÉCTRICO 2017”, mismo que fue desarrollado para la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2017



Juan Andrés Malla Buestán

0106664238



Francisco Alejandro Samaniego Marca

0105986590

CERTIFICACIÓN

Yo, Jonatan Pozo Palacios declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA EL VEHÍCULO FÓRMULA SAE ELÉCTRICO 2017”, realizado por los autores Juan Andrés Malla Buestán y Francisco Alejandro Samaniego Marca, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2017



M.I. Jonatan Pozo Palacios

010399458-8

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Andrés Malla Buestán, con cédula de identidad N° 0106664238 y Francisco Alejandro Samaniego Marca con cédula de identidad N° 0105986590, autores del trabajo de titulación “DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA EL VEHÍCULO FÓRMULA SAE ELÉCTRICO 2017”, certificamos que el total contenido de este proyecto técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2017



Juan Andrés Malla Buestán

0106664238



Francisco Alejandro Samaniego Marca

0105986590

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado a mi familia, en especial a mi madre que es el pilar fundamental en mi vida y supo alentarme para cumplir mis metas.

Juan Andrés Malla Buestán

AGRADECIMIENTO

A Dios ya que él me brinda salud para cumplir mis metas propuestas, y que día a día él me cuida y protege.

A mi padre Jorge Malla, le agradezco ya que él me sigue apoyando incondicionalmente en mi vida.

Agradezco a mi madre Elena Buestán quien me inculcó valores, los cuales me sirven para poder culminar lo que me proponga.

Al M.I Jonatan Pozo Palacios quien fue el tutor de este proyecto técnico, quien con paciencia y voluntad compartió sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo de grado

A la Universidad Politécnica Salesiana la cuál con sus docentes me ha transmitido el conocimiento.

Juan Andrés Malla Buestán

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado a mi mamá Victoria Marca quien siempre confió en mí, y nunca permitió que nada me detenga. ¡Gracias mamá!

Francisco Alejandro Samaniego Marca

AGRADECIMIENTO

A mis padres Victoria Marca y Ángel Samaniego, quienes me brindaron su apoyo incondicional.

Al M.I Jonatan Pozo Palacios quien fue el tutor de este proyecto técnico, quien con paciencia y voluntad compartió sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo de grado.

Al equipo UPS Racing team por el apoyo para la elaboración del presente proyecto técnico.

A la Universidad Politécnica Salesiana, la cuál con sus docentes me ha transmitido el conocimiento.

Francisco Alejandro Samaniego Marca

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se elabora un protocolo de pruebas para el vehículo Fórmula SAE eléctrico EB2017 de la Universidad Politécnica Salesiana. Este protocolo tiene como objetivo determinar el buen funcionamiento de cada sistema del monoplaza, así mismo permitirá obtener el máximo rendimiento del vehículo en la pista, al haber inspeccionado cada uno de sus elementos.

En la primera parte, se realiza una fundamentación teórica del estado del arte para el diseño y elaboración del protocolo de pruebas, para que el mismo se adapte a lo que impone el reglamento Fórmula SAE 2017; esto con el fin de lograr que el vehículo cumpla las condiciones establecidas durante la competencia.

Seguidamente, se describen las características y componentes de cada sistema que conforman un vehículo Fórmula SAE, los cuales serán diagnosticados con el protocolo de pruebas. Luego, utilizando documentos oficiales del escrutinio e inspección, así como el reglamento Fórmula SAE 2017, formatos de comprobaciones para vehículos tipo Fórmula, formatos PDI de vehículos en serie y datos técnicos de elementos utilizados en los sistemas del monoplaza, se procede a la elaboración del formato de diagnóstico mediante una metodología de desarrollo. Éste protocolo se implementa en el vehículo para comprobar su utilidad.

Finalmente, se muestran los resultados obtenidos a partir de la implementación del protocolo de pruebas en el monoplaza. Así mismo, se presentan resultados de la encuesta planteada para conocer la experiencia de los inspectores al utilizar el protocolo de pruebas.

ABSTRACT

This technical project develops a test protocol for the EB2017 Formula SAE electrical vehicle of the Salesian Polytechnic University. This aims to determine the proper functioning of each car system allowing the maximum performance of the vehicle on track, each of its elements have been inspected.

In the first part, a theoretical foundation of the state of the art is made for the design and elaboration of the test protocol, so that it complies with the Formula SAE 2017 Rules; this with the purpose to ensure that the vehicle meets the established conditions throughout the competition.

Next, the characteristics and components of each system of the Formula SAE vehicle are described, which will be diagnosed with the test protocol. Then, using official documents of scrutiny and inspection, as well as the Formula SAE 2017 Rules, Formula type test formats, PDI formats and technical data of elements used in the single-seater systems, proceeding to elaborate the test protocol. This protocol is implemented in the vehicle to check its utility.

Finally, the results obtained from the implementation of the test protocol in the car are shown. Additionally, results of the survey are presented to know the inspectors experience when using the test protocol.

Índice de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PROBLEMA	1
2.1.	ANTECEDENTES	2
2.2.	IMPORTANCIA Y ALCANCES	2
2.3.	DELIMITACIÓN	3
3.	OBJETIVOS	4
3.1.	OBJETIVO GENERAL	4
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
4.	REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
4.1.	Introducción	5
4.2.	Fórmula SAE	5
4.2.1.	Introducción Fórmula SAE	5
4.2.2.	Descripción de la competencia Fórmula SAE Electric	6
4.2.3.	Reglamento Fórmula SAE 2017	7
4.2.3.1.	Eventos Estáticos	7
4.2.3.2.	Eventos Dinámicos	9
4.3.	VEHICULO FÓRMULA SAE 2017	12
4.3.1.	SISTEMAS DEL MONOPLAZA	12
4.3.2.	SISTEMAS MECÁNICOS	12
4.3.2.1.	SISTEMA DE DIRECCIÓN	13
4.3.2.2.	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	14
4.3.2.3.	SISTEMA DE FRENOS	16
4.3.2.4.	MOTOR Y SISTEMA DE TRACCIÓN	19
4.3.2.5.	CARROCERÍA	22
4.3.2.6.	CHASIS	24
4.3.2.7.	ERGONOMÍA	25
4.3.3.	SISTEMA ELÉCTRICO	27
4.3.3.1.	Sistema de baja tensión	27
4.4.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y DEL ESTADO DEL ARTE DE PROTOCOLOS DE COMPROBACIONES	36
4.5.	RESUMEN	42
5.	MARCO METODOLÓGICO	43
5.1.	Introducción	43
5.2.	Metodología para el desarrollo de protocolo de pruebas	43
5.3.	Aplicación de la metodología para el desarrollo del protocolo de pruebas	44
5.3.1.	Reconocimiento de la necesidad	44
5.3.2.	Investigación preliminar	44
5.3.3.	Planteamiento de objetivos	44
5.3.4.	Determinación de parámetros a ser evaluados	44
5.3.4.1.	Parámetros del sistema de dirección	44
5.3.4.2.	Parámetros del sistema de la suspensión	45
5.3.4.3.	Parámetros del sistema de frenos	46
5.3.4.4.	Parámetros del sistema de transmisión y motor	47
5.3.4.5.	Parámetros de la carrocería y chasis	48
5.3.4.6.	Parámetros de ergonomía	49
5.3.4.7.	Parámetros del sistema de bajo voltaje	50
5.3.5.	Desarrollo de protocolo de pruebas (formato, contenido, distribución de contenido)	51

5.3.5.1.	Elaboración del formato para el protocolo.....	51
5.3.5.2.	Bases para la elaboración del protocolo.....	52
5.3.5.3.	Distribución del contenido	52
5.3.5.4.	Clasificación de los sistemas del vehículo	53
5.3.5.5.	Fases del protocolo.....	54
5.3.6.	Elaboración del protocolo de pruebas	54
5.3.7.	Instrucciones para el uso del protocolo de pruebas.....	60
5.3.8.	Evaluación del vehículo con el protocolo desarrollado	62
5.3.8.1.	Desarrollo de una encuesta para evaluar el protocolo.....	66
5.4.	Resumen	67
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	68
6.1.	Introducción	68
6.2.	Componentes de los sistemas del vehículo	68
6.3.	Fases del protocolo.....	68
6.4.	Implementación de encuesta	69
7.	CONCLUSIONES	71
8.	RECOMENDACIONES	72
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
10.	ANEXOS	75

Lista de tablas

<i>Tabla 4.1. Puntuación máxima de los eventos de la competencia.....</i>	6
<i>Tabla 4.2. Datos generales del motor eléctrico</i>	22
<i>Tabla 4.3. Lista de interruptores en el circuito de apagado</i>	29
<i>Tabla 4.4. Parámetros de la IMD.</i>	30
<i>Tabla 4.5. Parámetros del interruptor de inercia</i>	31
<i>Tabla 4.6. Parámetros del sistema de frenos de plausibilidad</i>	32
<i>Tabla 4.7. Características de los sensores utilizados en el acelerador</i>	33
<i>Tabla 5.1. Parámetros del sistema de dirección</i>	45
<i>Tabla 5.2. Parámetros del sistema de suspensión</i>	46
<i>Tabla 5.3. Parámetros del sistema de frenos.</i>	46
<i>Tabla 5.4. Parámetros del sistema de transmisión y motor.</i>	47
<i>Tabla 5.5. Parámetros de la carrocería y chasis</i>	48
<i>Tabla 5.6. Parámetros de ergonomía</i>	49
<i>Tabla 5.7. Parámetros del sistema de bajo voltaje</i>	50
<i>Tabla 5.8. Métodos de diagnóstico del protocolo</i>	53
<i>Tabla 6.1. Resultados obtenidos de la elaboración del protocolo.</i>	68
<i>Tabla 6.2. Resultados obtenidos de la implementación del protocolo.</i>	69
<i>Tabla 6.3. Resultados de la encuesta planteada</i>	70

Lista de figuras

<i>Figura 4.1. Trazado del circuito para la prueba de maniobrabilidad</i>	10
<i>Figura 4.2. Sistema de dirección del vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017</i>	13
<i>Figura 4.3. Elementos de la suspensión de un monoplaza Fórmula SAE Eléctrico</i>	14
<i>Figura 4.4. Sistema de suspensión del vehículo Fórmula SAE eléctrico 2017</i>	15
<i>Figura 4.5. Brazos de la suspensión de un monoplaza</i>	15
<i>Figura 4.6. Muelles de competición</i>	16
<i>Figura 4.7. Pedalera de freno</i>	17
<i>Figura 4.8. Conjunto del sistema de freno</i>	18
<i>Figura 4.9. Conjunto del sistema de tracción</i>	19
<i>Figura 4.10. Conjunto motor – diferencial</i>	21
<i>Figura 4.11. Carrocería del vehículo EB2017</i>	23
<i>Figura 4.12. Vehículo Fórmula SAE sometido a un estudio aerodinámico</i>	24
<i>Figura 4.13. Chasis del vehículo EB 2017</i>	25
<i>Figura 4.14. Asiento elaborado para el monoplaza</i>	26
<i>Figura 4.15. Cinturón de seguridad</i>	26
<i>Figura 4.16. Reposacabezas del vehículo Fórmula student 2017</i>	27
<i>Figura 4.17. Circuito de Apagado</i>	28
<i>Figura 4.18. Caja de circuitos de seguridad o caja de apagado</i>	29
<i>Figura 4.19. Posición del IMD en el monoplaza</i>	30
<i>Figura 4.20. Interruptor de inercia en la cabina del piloto</i>	31
<i>Figura 4.21. Posición del sensor en el pedal de freno</i>	32
<i>Figura 4.22. Localización de los botones para restablecer la conexión</i>	33
<i>Figura 4.23. Ubicación del codificador de par en el pedal del acelerador</i>	34
<i>Figura 4.24. Convertidor 12-5 VDC</i>	35
<i>Figura 4.25. Ubicación de la caja de fusibles en el Vehículo FSAE</i>	35
<i>Figura 4.26. Conexiones de la batería de baja tensión</i>	36
<i>Figura 4.27. Certificado de pre-propiedad de la marca Mercedes Benz</i>	37
<i>Figura 4.28. PDI elaborado por la marca FREIGHTLINER</i>	38
<i>Figura 4.29. Primera parte de la inspección técnica FSAE 2017</i>	39
<i>Figura 4.30. Segunda parte de la inspección técnica FSAE 2017</i>	40
<i>Figura 4.31. Tercera parte de la inspección técnica FSAE 2017</i>	41
<i>Figura 4.32. Formato de inspección eléctrica FSAE 2016</i>	41
<i>Figura 5.1. Metodología utilizada para el desarrollo del protocolo de pruebas</i>	43
<i>Figura 5.2. Formato preliminar del protocolo de comprobaciones</i>	51
<i>Figura 5.3. Protocolo de pruebas desarrollado</i>	59
<i>Figura 5.4. Recursos necesarios para la inspección del vehículo</i>	62
<i>Figura 5.5. Posición del vehículo para la fase 1</i>	63
<i>Figura 5.6. Posición del vehículo para la fase 2</i>	64
<i>Figura 5.7. Posición del vehículo para la fase 3</i>	65
<i>Figura 5.8. Posición del vehículo para la fase 4</i>	66

1. INTRODUCCIÓN

Una vez, el vehículo construido para la competencia Fórmula SAE Student en Inglaterra en el año 2017 es necesario verificar el buen funcionamiento de los sistemas del monoplace ya que, esto es de vital importancia para que el vehículo pueda obtener una mejor calificación durante la competición.

En competencias similares o simplemente para verificar que un prototipo o vehículo de competencia se encuentre en condiciones aptas de funcionamiento para ser conducido, se utiliza un protocolo de comprobaciones para garantizar la seguridad del piloto, el vehículo y de la misma manera se podrá optimizar el tiempo de revisión del monoplace.

Para el vehículo construido Bosco Eléctrico 2017 (EB 2017) es necesario desarrollar un protocolo de comprobaciones para los diferentes sistemas del vehículo, de manera que se obtenga mejor rendimiento en el circuito de competición.

2. PROBLEMA

Para que el vehículo pueda participar en la competencia deberá aprobar dos modalidades de pruebas: estáticas y dinámicas en las cuales se evalúa el desempeño del vehículo por lo que; no existe un procedimiento o proceso ordenado de verificación para el funcionamiento correcto de los sistemas que conforman el vehículo Fórmula SAE eléctrico de manera que, surge la necesidad de elaborar un protocolo de comprobaciones para los sistemas del monoplace, por lo tanto; el protocolo será funcional, tomando como referencia lo que plantea el reglamento Fórmula SAE.

En la competencia los vehículos se juzgan en una serie de eventos estáticos y dinámicos que incluyen: inspección técnica, costo, presentación y diseño de ingeniería, ensayos de rendimiento en solitario y resistencia de pista de alto rendimiento, por lo que uno de estos parámetros puede generar inconvenientes durante la competencia.

2.1. ANTECEDENTES

Un protocolo de comprobaciones para vehículos se considera de relevante importancia, debido a la problemática que presentan los mismos durante la competencia; razón por la cual los fabricantes de vehículos tipo Fórmula han propuesto que es indispensable un protocolo de comprobación para los diferentes sistemas del vehículo.

Mediante una revisión de la literatura se logró constatar que en el Ecuador no existen referencias con respecto al tema; debido a que en el Ecuador existen pocas Universidades participantes en eventos de Fórmula SAE, mientras que Universidades de otros países que participan continuamente tienen mayor experiencia en el diagnóstico de los problemas que suceden frecuentemente en los sistemas de un monoplaza.

Debido a los nuevos desarrollos tecnológicos que establecen el nivel competitivo de la Fórmula SAE los sistemas del prototipo deben ser desarrollados y comprobados minuciosamente ya que, de estos depende el comportamiento general del vehículo en la pista así como también de su puntaje.

2.2. IMPORTANCIA Y ALCANCES

Este proyecto está dirigido al Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT) en el área de Diseño Mecánico Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana.

Asimismo, este proyecto ayudará a los fabricantes de vehículos deportivos y convencionales para el proceso de diagnóstico en los diferentes sistemas del vehículo.

Este trabajo será de mucha utilidad para el equipo UPS Racing Team, el cual ayudará a mejorar la fiabilidad del vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017 durante el desarrollo de la competencia Fórmula Student en Inglaterra – 2017.

2.3. DELIMITACIÓN

El presente trabajo de titulación, correspondiente al Desarrollo de un protocolo de comprobaciones para el vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017, éste ha sido implementado en la Universidad Politécnica Salesiana, en la ciudad de Cuenca - Ecuador.

El objeto de la investigación ha tomado como punto de partida el mes de febrero del dos mil diecisiete al mes de octubre del dos mil diecisiete, siendo un tiempo suficiente para finalizar el presente proyecto técnico. Así mismo esta investigación significará un aporte al grupo de investigación en Ingeniería de Transporte, en la línea de Investigación de Diseño Mecánico Automotriz, de igual forma al equipo UPS Racing Team de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un protocolo de pruebas de funcionamiento para el vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una investigación del estado del arte para el diseño y elaboración del protocolo de pruebas del vehículo Fórmula SAE eléctrico.
- Estudiar los sistemas mecánicos y eléctricos de bajo voltaje del vehículo Fórmula SAE eléctrico para el desarrollo del protocolo de pruebas.
- Elaborar el protocolo de pruebas para los sistemas mecánicos y eléctricos de bajo voltaje del vehículo considerando el reglamento Fórmula SAE 2017.
- Implementar el protocolo en el vehículo ya construido para la verificación del buen estado de los sistemas mecánicos y eléctricos de bajo voltaje.

4. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Introducción

Inicialmente en esta sección se definirá en que consiste la competencia Fórmula SAE Electric, y las respectivas pruebas a las que será sometido el vehículo durante la competencia conforme al reglamento de Fórmula SAE.

Posteriormente se describirán cada uno de los sistemas del vehículo Fórmula SAE 2017, para conocer la constitución de los mismos y así tener una visión general del monoplaza. Esta información servirá para elaborar los formatos de protocolos para los sistemas mecánicos, y eléctrico de bajo voltaje.

Finalmente se desarrollará una fundamentación teórica y revisión del estado del arte acerca de proyectos elaborados sobre protocolos de comprobaciones, realizados para coches en serie así como para tipo Fórmula.

4.2. Fórmula SAE

4.2.1. Introducción Fórmula SAE

Fórmula SAE es un evento creado para estudiantes y está organizado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), cuyo objetivo principal es fomentar la habilidad de los estudiantes de resolver problemas de ingeniería reales fuera de las aulas; logrando así una mejor formación en los jóvenes para que puedan integrarse al campo laboral de manera inmediata al finalizar sus estudios.

Las reglas de la competición restringen el diseño del monoplaza, aunque es muy tolerante respecto al diseño y construcción del vehículo. El objetivo para los competidores es elaborar un vehículo tipo Fórmula que cumpla con todos los eventos descritos en las reglas Formula SAE

Las pruebas que se desarrollan durante la competencia hacen a ésta un evento multidisciplinario ya que, no solo depende de un buen diseño del vehículo sino que también el equipo haya desarrollado un extraordinario plan de negocios, reporte de costos y una excelente presentación del vehículo debido a que se debe simular que se producirán aproximadamente mil vehículos cada año. Las pruebas en las que debe participar el vehículo son: pruebas estáticas y dinámicas. Dentro de las pruebas

estáticas el coche es evaluado en cuanto al cumplimiento del reglamento, su resistencia al vuelco, su capacidad de frenado, prueba de lluvia; las pruebas dinámicas evalúan las prestaciones del vehículo en la pista [1].

4.2.2. Descripción de la competencia Fórmula SAE Electric

Anualmente, se realiza la competencia Fórmula SAE eléctrico en países como: Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Australia, Brasil e Italia. Este evento se viene realizando desde el año 2010 y ha llegado a tener gran relevancia en el mundo. Universidades de diferentes países participan en la competición con el fin de exponer los prototipos de sus vehículos en los eventos planteados de manera que, sean juzgados y evaluados con el fin de alcanzar un máximo puntaje. Estas pruebas y puntajes son establecidas por el reglamento Fórmula SAE.

La tabla 4.1 muestra las máximas puntuaciones estipuladas en el reglamento en los eventos estáticos y dinámicos.

Tabla 4.1. Puntuación máxima de los eventos de la competencia [2].

EVENTOS ESTÁTICOS		TOTAL: 325 puntos
EVENTO	PUNTUACIÓN	
Presentación	75	
Diseño	150	
Análisis de costo	100	
EVENTOS DINÁMICOS		TOTAL: 675 puntos
EVENTO	PUNTUACIÓN	
Aceleración	100	
Skid-Pad	75	
Autocross	125	
Eficiencia	100	
Endurance	275	
PUNTAJE TOTAL		1000

4.2.3. Reglamento Fórmula SAE 2017

A continuación se presenta parte del reglamento Fórmula SAE 2017, el cual limita o exige parámetros sobre el diseño y construcción de cada uno de los sistemas del vehículo, así como a las pruebas que estará sometido el mismo ya que directamente de estas dependerá la puntuación.

EVENTOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS

Las pruebas estáticas se detallarán a continuación:

4.2.3.1. Eventos Estáticos

En estas pruebas el monoplaza deberá cumplir con todas las reglas que demanda la competencia y que los diseños realizados representen sean funcionales y seguros en todo momento. El proceso de revisión está constituido por tres partes principales que se describen a continuación:

Escrutinio.- en esta prueba cada vehículo es sometido a una inspección técnica que determinará si este cumple con los requisitos del reglamento. Esta inspección incluirá también la revisión del equipo del piloto y las pruebas que deben pasar cada uno de ellos. Esta primera parte deberá ser aprobada satisfactoriamente antes de poder participar en las otras dos partes.

Pruebas de inclinación.- cada vehículo será sometido a las siguientes pruebas:

- La primera inclinación consiste en subir el vehículo a una plataforma que se inclina a 45°. El objetivo de esta prueba es evaluar que no exista derramamiento o fugas de combustible y otros líquidos del vehículo.
- La segunda consiste en inclinar el vehículo a 60° con el fin de evaluar que el vehículo no se caiga de la plataforma, es decir que se mantengan pegadas las cuatro llantas a la plataforma; de esta forma se reduce el riesgo de sufrir volcadura en la pista.

La parte uno junto con la parte dos descritas anteriormente, deben ser completadas exitosamente para continuar con las siguientes pruebas.

- **Ready-To-Drive-Sound** .- según la sección EV4.13 del Reglamento Fórmula SAE 2017 indica que :

El vehículo debe hacer un sonido característico, de forma continua durante al menos un segundo y un máximo de tres segundos en momento que esté presto para su conducción.

El vehículo deberá estar listo para conducir tan pronto como el motor responda a la entrada de la señal del sensor de posición del pedal de aceleración (TPS).

El sonido producido por el vehículo debe ser mínimo de 80dBA. El nivel de sonido será medido con un micrófono de campo libre que se coloca libre de obstrucciones en un radio de 2 m alrededor del vehículo, su sonido debe ser fácilmente identificable. No debe existir voces de animales, partes de canciones o sonidos que podrían ser interpretados como ofensivo serán aceptadas.

El vehículo no debe hacer un sonido similar al sonido listo para conducir explicado anteriormente [3].

- **Prueba de lluvia**

El vehículo debe pasar la IMDT (Insulation Monitoring Device Test) antes de que se realice la prueba de lluvia.

El monoplaza Fórmula SAE eléctrico deberá someterse a una prueba de lluvia que se realiza durante la inspección técnica eléctrica, en el cual el vehículo deberá moverse por sus propios medios en el evento.

En la prueba de lluvia el vehículo no debe estar con las ruedas motrices tocando la pista; en cuanto al sistema de tracción debe permanecer activo. Durante este evento no se permite tener a un piloto sentado en el vehículo por razones propias de seguridad.

Durante 120 segundos se pulveriza agua para simular la lluvia en el vehículo en cualquier dirección posible. La prueba será aprobada si y solo si el dispositivo de control de aislamiento no se activa durante los 120 segundos que dura el proceso de rociado de agua en el vehículo y 120 segundos luego de haber suspendido el agua. Por lo tanto el tiempo total de la prueba es de 240 segundos.

El objetivo de esta prueba es garantizar el aislamiento total del vehículo, con el fin de no afectar las partes eléctricas y electrónicas internas del vehículo.

- **Prueba de frenos**

En cuanto al sistema de frenos será evaluado dinámicamente y deberá mostrar que es capaz de bloquear todas las cuatro llantas, además deberá tener la capacidad de frenar en una línea recta especificada por los inspectores.

Solamente para vehículos eléctricos-. Después de acelerar, el sistema de tracción tiene que ser desconectado por el conductor, el mismo tiene que bloquear las cuatro ruedas del vehículo por el frenado. La prueba de frenado se supera si se bloquean las cuatro ruedas mientras que el sistema de tracción está apagado.

Una vez que el vehículo supera todas estas pruebas ya es aceptado para los siguientes eventos dinámicos.

4.2.3.2. Eventos Dinámicos

En el transcurso de los eventos dinámicos no deben existir modificaciones mecánicas en el vehículo.

Si por cualquier circunstancia el vehículo presenta algún defecto, el cual ponga en riesgo el funcionamiento del mismo, la pista o la integridad de los participantes, los jueces suspenderán al vehículo hasta que el defecto sea corregido.

Las áreas evaluadas dentro de los eventos dinámicos principalmente son:

Maniobrabilidad.

El objetivo de esta prueba es evaluar la capacidad de vehículo para tomar una curva en una superficie plana describiendo una curva de radio constante. La pista consiste en una figura de un ocho con dos círculos de 15,25 metros de diámetro interno y 18,25 metros de diámetro externo. Luego de que el monoplaza ingrese en el trazado debe ir hacia la derecha y dar dos vueltas, después debe completar con dos vueltas en el círculo de la izquierda. Al término de la cuarta vuelta, el vehículo sale de la pista, en la misma dirección en la que ingresa.

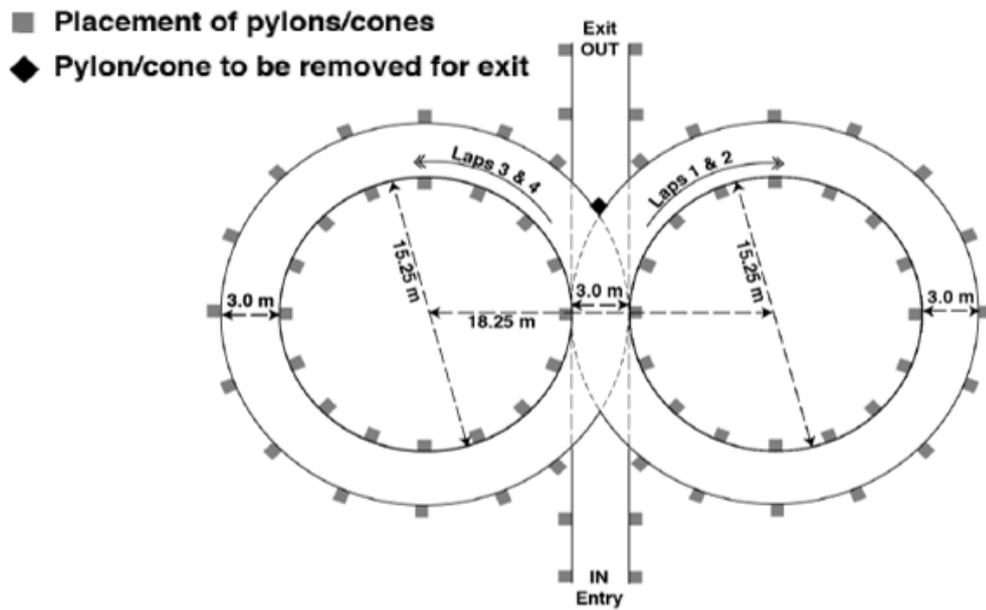


Figura 4.1. Trazado del circuito para la prueba de maniobrabilidad [4].

Las principales penalizaciones de acuerdo al reglamento Fórmula SAE son:

- Tirar conos, sumará 0.25 segundos al tiempo final por cada cono.
- Salirse de la pista o tomar las vueltas incorrectamente darán un DNF (prueba no finalizada). [3]

Aceleración

Esta prueba evalúa la aceleración del vehículo en una pista recta y horizontal. La pista recta mide 75 m desde el punto de partida hasta la línea final, el ancho es de 4.9 m medido desde los ejes centrales de los conos que delimitan la pista. Los conos serán colocados cada 5 pasos (aproximadamente 6 metros), la localización de los conos no estará señalada.

Auto Cross

El objetivo de esta prueba es evaluar la maniobrabilidad y las cualidades de manejo individuales en un circuito angosto. Esta prueba combina las características de frenado, aceleración y la capacidad de tomar las curvas en un mismo evento.

Las siguientes especificaciones muestran las velocidades máximas a las que los vehículos podrán circular en la pista. El promedio de velocidad a la que se conduce es entre 40 Km/h y 48 Km/h.

- Rectas: No mayores a 60 m.
- Curvas constantes: 23 m a 45 m de diámetro.
- Curvas en U: Mínimo de 9 m de diámetro externo (de la curva).
- Slaloms (Zig-Zag): Se hacen con conos en una línea recta con 7.6 m a 12.19 m de espacio.
- Variadas: Curvas múltiples, radios decrecientes, etc., el mínimo ancho de pista será de 3.5 m.

El reglamento estipula que el largo de la pista es de aproximadamente 0.805 km y el piloto deberá completar un número específico de pruebas, sin embargo, los jueces tienen la libertad de realizar modificaciones al tamaño de la pista.

Eficiencia

La eficiencia del vehículo se mide conjuntamente con el evento de resistencia. La eficiencia es importante ya que muestra como el monoplaza ha sido preparado para la competencia. Este evento es importante ya que su puntuación se calcula conjuntamente con la puntuación de resistencia por lo que se calcularán a partir del mismo valor. No es permitido el abastecimiento de energía durante el evento.

Resistencia.

Este evento evalúa el desempeño total del vehículo además su durabilidad y confiabilidad. Las velocidades en pista se encuentran entre 48 y 57 km/h hasta aproximadamente 105 km/h.

Las especificaciones estándar para este evento son:

- Rectas: No debe ser superior a 77 m y habrá muchas zonas de rebase.
- Curvas constantes: Entre 30 m y 54 m de diámetro.
- Curvas en U: Mínimo de 9 m de diámetro exterior de la curva.
- Slaloms: Los conos se encontraran ubicados entre 9 m y 15 m.
- Variadas: Curvas múltiples, radios decrecientes y el ancho de pista mínima será de 4.5 m.

El evento se realiza en una pista de aproximadamente 22 km de largo. El reglamento prohíbe que los equipos trabajen en el vehículo mientras se desarrolla esta prueba, por disposición reglamentaria debe haber un cambio de piloto a mitad del evento. Solo se podrá rebasar en las zonas destinadas para la misma a menos que un juez lo disponga. Se registrará el tiempo desde que el piloto A entre al circuito y cruce la línea final.

En cuanto al nivel de carga de la batería en vehículos eléctricos, estos deben ingresar al evento completamente cargados. Para registrar la energía que se usa durante la prueba el vehículo debe constar con un elemento que pueda medir el consumo de la misma.

Para que el vehículo no sea descalificado en este evento, deberá ser capaz de mantener tiempos menores al 145% de tiempo del monoplaza más rápido, caso contrario el Juez podrá deshabilitar al vehículo.

4.3. VEHICULO FÓRMULA SAE 2017

4.3.1. SISTEMAS DEL MONOPLAZA

A continuación se describirá cada uno de los sistemas que conforman el vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017.

4.3.2. SISTEMAS MECÁNICOS

Los sistemas mecánicos que se considerarán para la elaboración del protocolo de comprobaciones serán los siguientes:

- Sistema de dirección
- Sistema de suspensión
- Sistema de frenos
- Sistema de transmisión y motor
- Carrocería
- Ergonomía
- Chasis

4.3.2.1. SISTEMA DE DIRECCIÓN

El objetivo del sistema de dirección es permitir al vehículo modificar su trayectoria para seguir el rumbo deseado por el piloto [4].

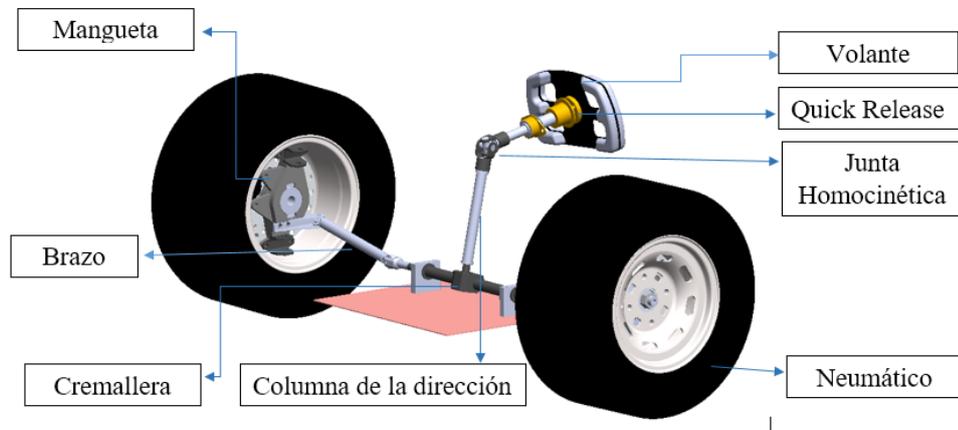


Figura 4.2. Sistema de dirección del vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017 [2].

- **Volante de Dirección [5]**

El propósito del volante es transmitir una fuerza tangencial a la columna de la dirección, con la mayor precisión posible. El volante estará ubicado dentro de la cabina, con una geometría dada según el estudio que se realizará para lograr el mejor posicionamiento del piloto en el monoplaza.

- **Columna de la Dirección**

La columna de la dirección es el elemento que une al volante con la cremallera de la dirección, esta barra está conformada por dos juntas homocinéticas intermedias que van a transmitir el par desde el volante a la cremallera.

- **Manguetas**

Es un elemento que contiene un eje en el que va a girar la rueda libremente mediante un buje. La mangueta también se encarga de conectar elementos de la dirección y la suspensión del vehículo.

- **Rótulas**

Permiten el movimiento del sistema de suspensión y dirección en todos los sentidos, además es la unión entre las articulaciones de la dirección y la mangueta.

- **Piñón-cremallera**

Convierte al movimiento giratorio proveniente del volante en un movimiento lineal que se transmite hacia las ruedas delanteras.

4.3.2.2. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

La función principal del sistema es absorber las desigualdades de la pista en la que se desplaza, además optimiza el contacto de las ruedas con la pista, proporcionando confort y seguridad durante la conducción [6].

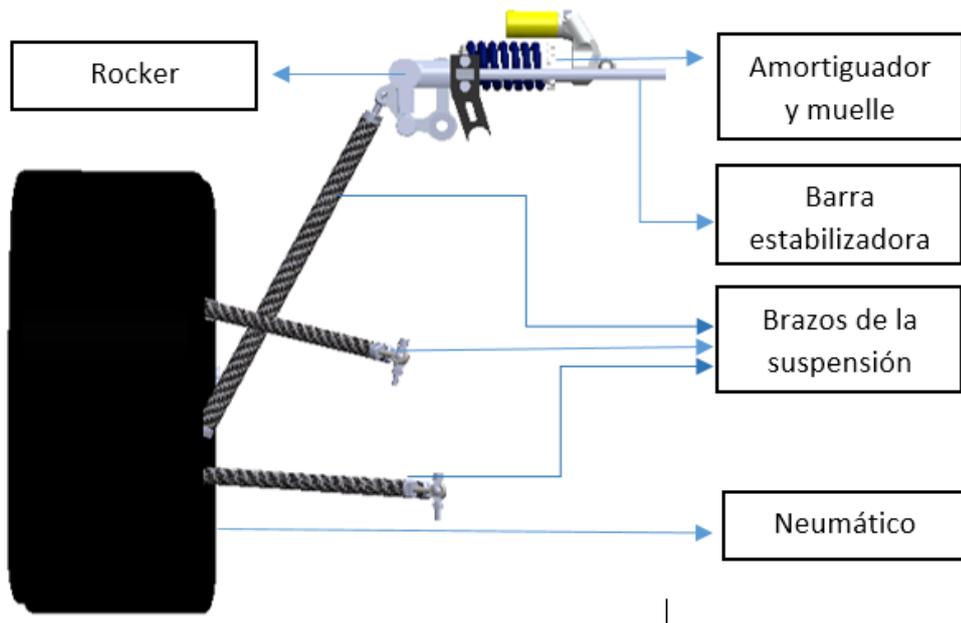


Figura 4.3. Elementos de la suspensión de un monoplace Fórmula SAE Eléctrico [2].

Los elementos que constituyen la suspensión son las siguientes:

- Neumático.
- Brazos de suspensión, soporte de neumático-chasis.
- Muelle.
- Amortiguador.
- Barra estabilizadora.

La suspensión del vehículo Fórmula SAE eléctrico está constituida de dos partes las cuales se conocen como: suspensión delantera y suspensión posterior (Fig. 4.4)

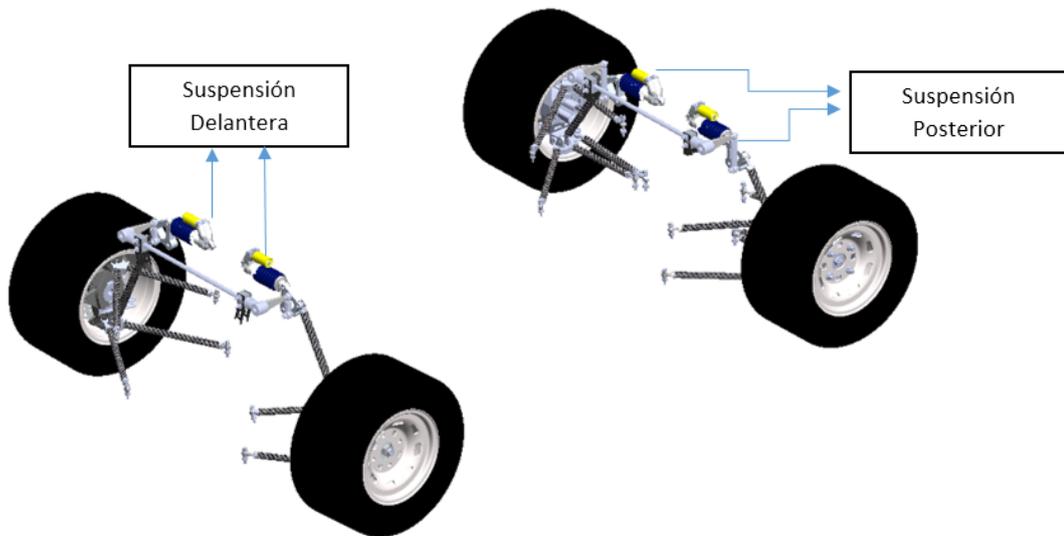


Figura 4.4. Sistema de suspensión del vehículo Fórmula SAE eléctrico 2017 [2].

Neumáticos

Los neumáticos son los elementos que absorben todas las irregularidades de la pista. Además, son los responsables de transmitir la tracción del motor a la pista, por lo que deben garantizar la estabilidad del vehículo en todo momento. Es imprescindible destacar su importancia en este sistema ya que son los únicos puntos de apoyo en la calzada.

Brazos de suspensión

Son elementos que se encuentran unidos a la mangueta y el chasis mediante rotulas, generalmente tienen la forma de “A”, estas restringen solo tres grados de libertad dejando libre las rotaciones.

Los brazos trabajan únicamente a tracción y a compresión, y nunca a flexión. Por lo general en cada rueda existe un brazo superior y otro inferior.



Figura 4.5. Brazos de la suspensión de un monoplaza [2].

Amortiguadores

El amortiguador es el elemento elástico que controla los movimientos de la suspensión y los muelles, así mismo elimina las oscilaciones que se generan sobre la rueda a partir de irregularidades en la calzada.

Muelles

Los muelles almacenan energía provocada por las ruedas del vehículo al golpear contra obstáculos del terreno, además reducen las aceleraciones al comprimirse o extenderse provocadas por las irregularidades de la carretera como por la transferencia de cargas.



Figura 4.6. Muelles de competición [7].

4.3.2.3. SISTEMA DE FRENOS

El objetivo del sistema de frenos es controlar el movimiento del vehículo y detenerlo de forma segura, rápida y eficaz, cualesquiera que sean la velocidad, la carga o la pendiente en la que se encuentre [8].

Elementos del Sistema de frenos

En la figura 4.7, se muestra la pedalera del freno.

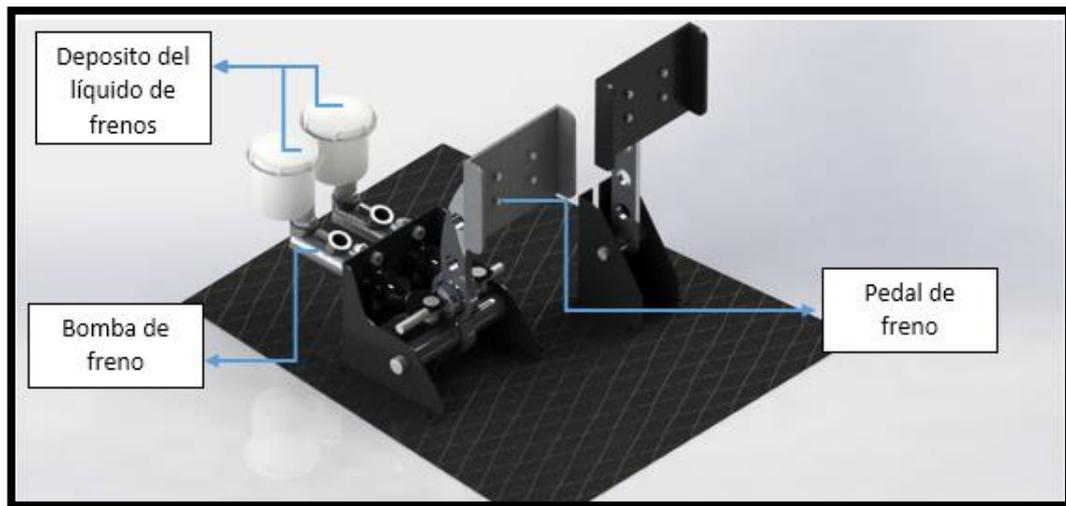


Figura 4.7. Pedalera de freno [2].

Pedal del freno

Es el encargado de ofrecer la conexión directa entre el conductor y el sistema de frenos, es decir sirve para reducir la velocidad del monoplaza en movimiento.

Bomba de Freno

La bomba de freno, o cilindro maestro, es la encargada de presurizar el circuito hidráulico al recibir la presión del pedal. La normativa Fórmula SAE exige dos circuitos independientes, gobernados cada uno por su propio cilindro maestro. Además por motivos de estabilidad, cada uno está conectado a un eje, con el fin de poder aplicar diferentes fuerzas de frenado.

Pinza de freno

Su objetivo es soportar las pastillas de freno, así como de empujarlas contra el disco cuando así se requiera. Debido a la zona donde se ubican, tienen que soportar grandes esfuerzos combinados con vibraciones, excesos de temperatura y otros elementos agresivos que pueden darse en la zona de masas no suspendidas.

En la actualidad existen diferentes tipos de pinzas de freno, las más importantes son: De pinza fija, de pinza oscilante, de pinza flotante.

Conductos y latiguillo

Los conductos o latiguillos de freno, son los encargados de transferir el líquido de frenos de un componente a otro, por lo que deben de soportar la presión que este pueda alcanzar.

Normalmente son tubos de acero recubiertos de polímero para resistir la corrosión. Cada extremo del conducto está carenado con carena individual o doble para que coincida con el componente en el que se coloca, y tiene montada una tuerca de tuberías macho o hembra según sea necesario.

Líquido de frenos

El líquido de frenos, es un fluido hidráulico que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida en el pedal, a los pistones alojados en las pinzas de freno de las ruedas. Es un líquido sintético elaborado a partir de glicóéteres y aditivos diseñados para garantizar la protección del sistema hidráulico contra la oxidación y herrumbre. El líquido cumple una doble función, proteger los empaques y mangueras de la sequedad y evitar fugas a lo largo del sistema.

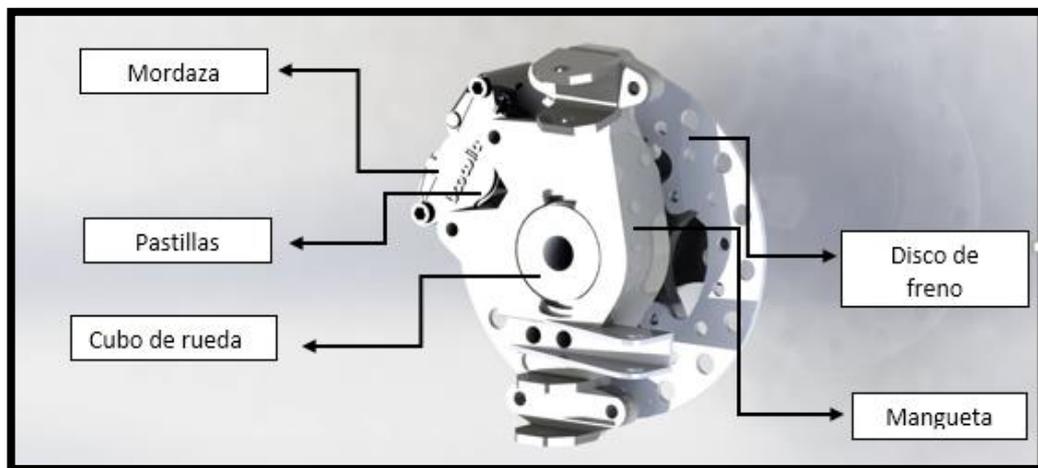


Figura 4.8. Conjunto del sistema de freno [2].

Pastillas de freno

Las pastillas de freno son elementos encargados de provocar la fricción necesaria en el disco de freno para provocar su detención. En la actualidad, las pastillas de freno están fabricadas con elementos como: fibras, componentes metálicos, minerales, lubricantes o modificadores, materiales orgánicos y abrasivos.

Disco de freno

El disco de freno está formado por fundición gris nodular de grafito laminar en la que interactúan las pastillas para provocar la deceleración del vehículo. El rozamiento entre ambos elementos provoca la transformación de energía cinética en energía calorífica la cual tiene que ser disipada lo antes posible a la atmósfera con el fin de evitar las altas temperaturas en la pinza de freno y por consiguiente en las inmediaciones de los latiguillos de freno.

Ruedas y neumáticos

El esfuerzo de torsión generado por el disco de freno, se transfiere a la totalidad del conjunto buje-mangueta-rueda-neumático, y es en este instante cuando el contacto del neumático con la calzada reacciona generando una fuerza en oposición al movimiento del vehículo.

4.3.2.4. MOTOR Y SISTEMA DE TRACCIÓN

El objetivo del sistema de tracción es transmitir la potencia del motor al suelo [9].

El vehículo es impulsado por un motor eléctrico mediante un mecanismo de cadena que cumple con las características para participar en la competencia. Formula SAE.

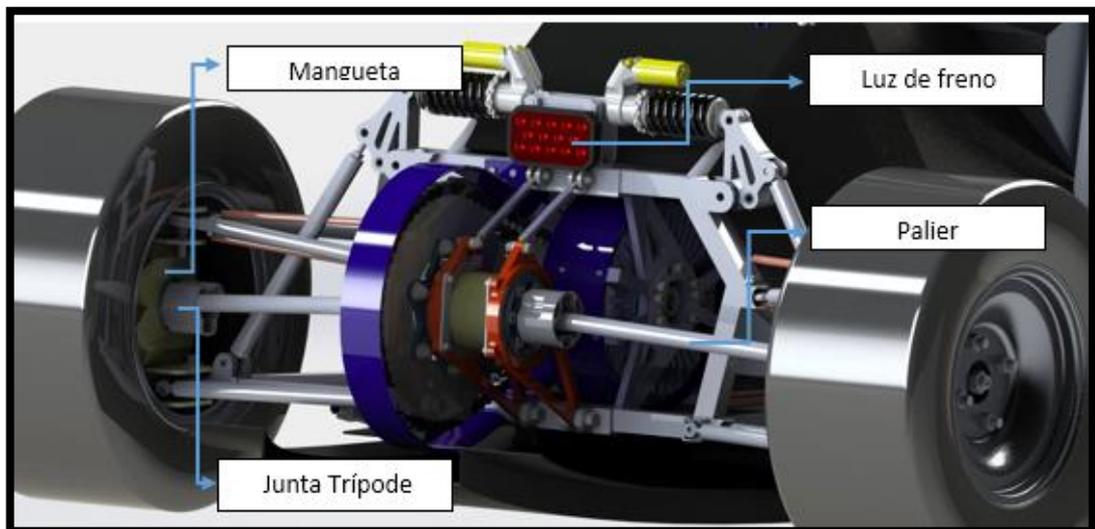


Figura 4.9. Conjunto del sistema de tracción [2].

Cubos de rueda

La función del cubo de rueda es permitir la conexión entre rueda y eje de transmisión proveniente del diferencial, además debe sujetar al disco de freno, caliper y pastillas. Éste gira mediante el uso de un rodamiento entre el cubo y la mangueta

Manguetas

La función de las manguetas es conectar el sistema de suspensión con el sistema de dirección, o a su vez conectar la suspensión con la transmisión dependiendo si son manguetas frontales o posteriores. En el eje propulsor que para el caso del vehículo Fórmula SAE eléctrico es el eje posterior, la mangueta soporta el cubo de rueda y se conecta con los brazos de la suspensión; además, aloja un rodamiento el cual permite que todo el sistema funcione correctamente.

Juntas trípode

Esta pieza que unida al palier de transmisión tiene como objetivo conectar dos ejes dispuestos longitudinalmente, no continuos, de modo que la velocidad de giro entre ellos sea igual en todo momento. El palier de transmisión de las ruedas, está conectado por uno de sus extremos con el diferencial y por el otro con el cubo de la rueda. Esta transmisión está sometida a los movimientos oscilatorios de la suspensión y los movimientos giratorios de la dirección, y por lo tanto debe ser articulada.

Palier

Es un eje macizo que tiene por objetivo transmitir a las ruedas el par recibido en un extremo y transmitirlo al otro, es decir que en consecuencia este elemento en todo momento estará sometido a torsión. Sus estrías talladas en sus extremos le permiten la conexión con cualquier tipo de juntas.

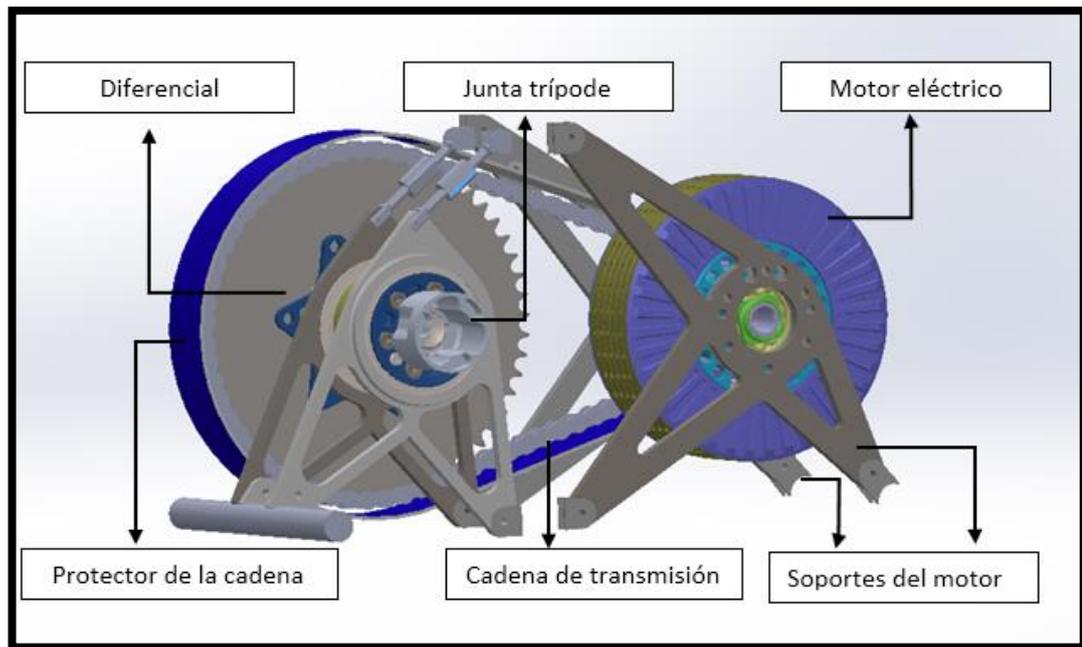


Figura 4.10. Conjunto motor – diferencial [2].

Diferencial

El objetivo de estos sistemas es controlar las diferencias de rotación que hay dentro de un eje o entre dos ejes, para mejorar el agarre y la tracción. Este mecanismo tiene una atención muy importante durante la competencia, ya que existe una gran variedad de tipos, los cuales pueden utilizarse de diferentes maneras. El más usado es el de deslizamiento limitado (LSD), ya que es un mecanismo optimizado en peso y con una eficiencia muy alta.

Transmisión por cadenas

La transmisión de la fuerza mediante cadena es un sistema robusto, el cual es usado para transmitir el movimiento de arrastre entre ruedas dentadas. De manera tal que, permita transmitir el movimiento giratorio entre dos ejes paralelos pudiendo modificar la velocidad pero no el sentido de giro. Es usado para transmitir grandes pares de fuerza, con velocidades medias – bajas. En las competencias de Fórmula SAE las cadenas más usadas son las de rodillos.

Motores

Los motores DC continúan ocupando un lugar muy importante en la propulsión eléctrica. A pesar de ello los motores de imanes permanentes han ido tomando

importancia dado que es un desarrollo innovador dentro de la tecnología de motores sincrónicos. Estos motores funcionan creando un flujo constante en el hierro, eliminando así la necesidad del tradicional rotor bobinado y escobillas las cuales normalmente son utilizados para la excitación en los motores sincrónicos. Datos generales del motor eléctrico.

Tabla 4.2. Datos generales del motor eléctrico [10].

Características	Descripción
Fabricante del motor y Tipo:	ENSTROJ EMRAX 228 MEDIA TENSIÓN líquido refrigerado
principio del motor	motor eléctrico síncrono de flujo axial
Máxima potencia continua:	42kW
Potencia pico:	100 kW (unos minutos en el arranque en frío / en pocos segundos de arranque en caliente)
Voltaje de entrada:	50-450VAC
corriente nominal:	160 ^a
Corriente pico:	240 ^a
Torque máximo:	240 nm
Par nominal:	125nm
Método de enfriamiento:	Agua

4.3.2.5. CARROCERÍA

La carrocería mostrada en la figura 4.11, es una de las estructuras más importantes en un monoplaza, ya que de esta depende la seguridad del piloto, la correcta ubicación de los elementos internos, así como también el desempeño del vehículo en la pista. Tiene como función conjuntamente con el chasis de servir de base para la

construcción del prototipo, el cual requiere exigencias estructurales, de seguridad y aerodinámicas. Un aspecto de vital importancia es la rigidez del material, ya que de esto depende que la flexión, torsión y vibraciones sean las mínimas posibles.

Las vibraciones en la carrocería producidas por el movimiento del vehículo pueden reducir considerablemente el desempeño del monoplaza. Debido a las condiciones de trabajo una carrocería se encuentra amenazada por grietas que se originan en los puntos de sujeción con el chasis.

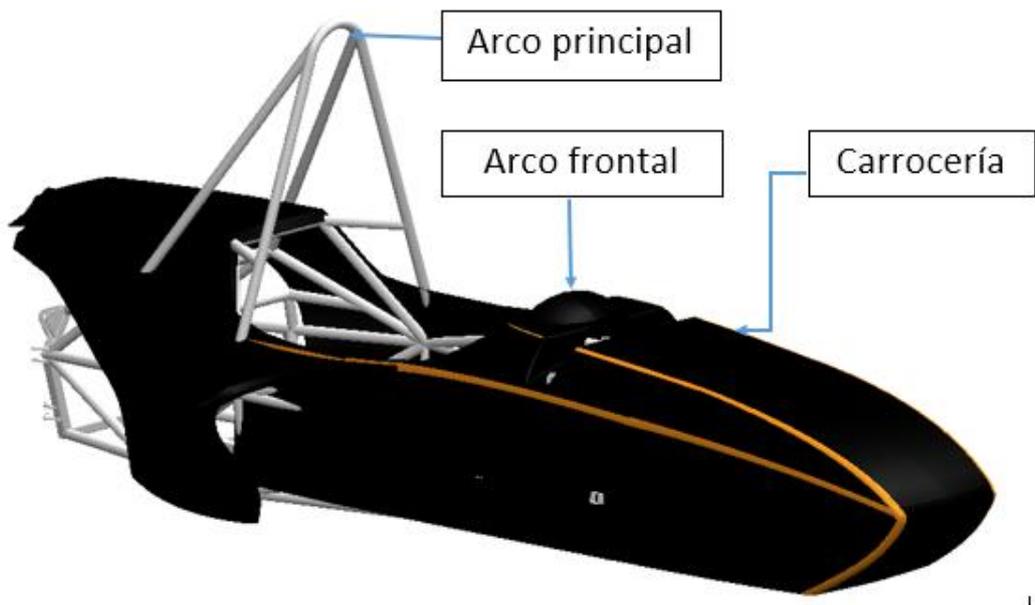


Figura 4.11. Carrocería del vehículo EB2017 [2].

Aerodinámica

La mecánica de fluidos se ocupa del estudio del movimiento del aire y otros fluidos gaseosos, es decir analiza las fuerzas ejercidas por el aire sobre cuerpos sólidos inmersos en el mismo [11]. Previo a la construcción de un vehículo Fórmula SAE es de vital importancia realizar un estudio aerodinámico en un software, el cual es mostrado en la figura 4.12 el mismo que se realiza con el fin de obtener un vehículo eficiente.

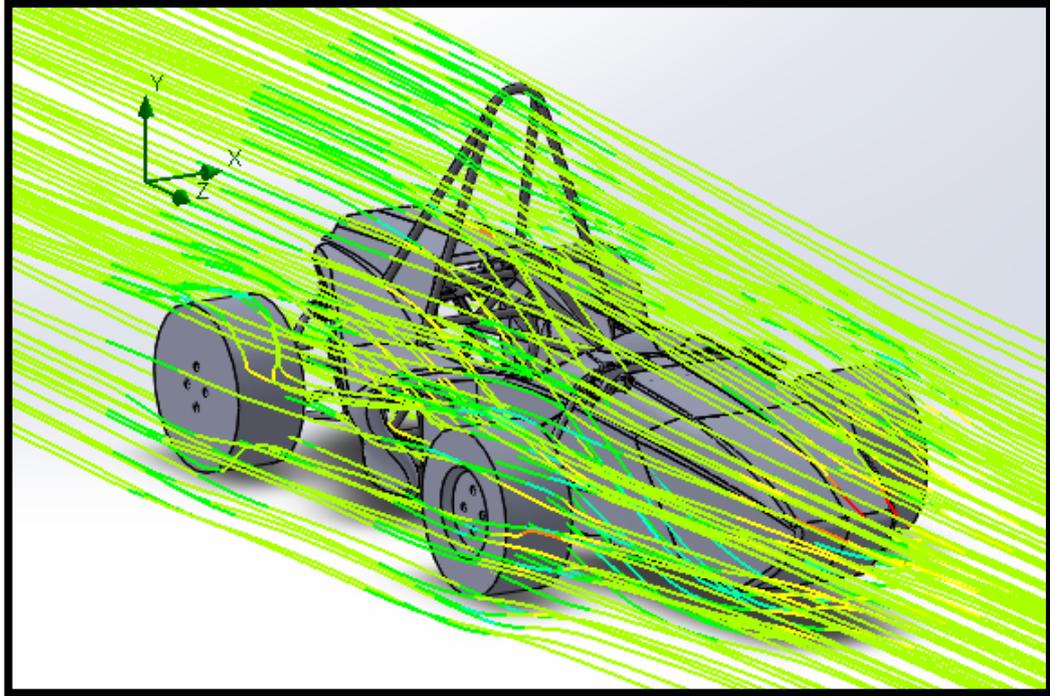


Figura 4.12. Vehículo Fórmula SAE sometido a un estudio aerodinámico [2].

4.3.2.6. CHASIS

El chasis mostrado en la figura 4.13 es la estructura que conecta todos los sistemas y elementos del vehículo, el cual se considera como un cuerpo; éste deberá ser capaz de soportar el peso de todos los componentes del monoplaza, así como también podrá resistir todas las cargas generadas durante los eventos dinámicos. También el chasis movilizará y protegerá en todo momento al piloto.

Si el bastidor llegara a deformarse durante una competencia provocará inconvenientes por ejemplo la pérdida de control del monoplaza. Para asegurar el agarre de los neumáticos y que la suspensión no presente variabilidad es necesario que el chasis tenga una óptima rigidez.

Finalmente es importante tener en cuenta aspectos como el peso y el costo, ya que una estructura ligera permitirá mejorar la potencia y el rendimiento del motor, disminuyendo así el consumo excesivo de energía. En cuanto al precio final de la estructura deberá ser económico sin que esto no afecte su fiabilidad.

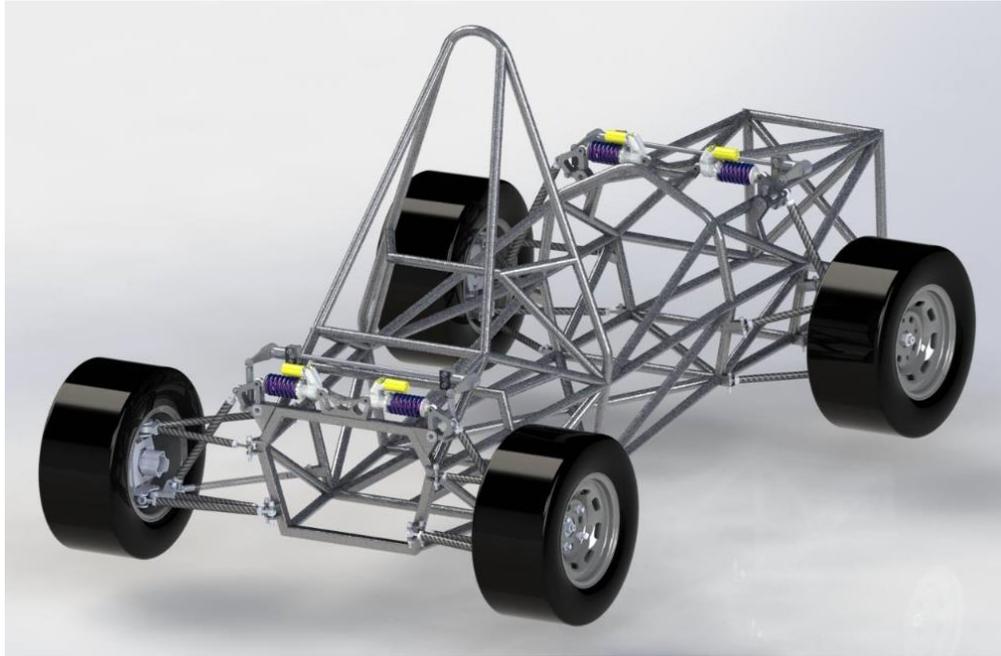


Figura 4.13. Chasis del vehículo EB 2017 [2].

Cargas presentes en un chasis

Sea cual fuera la forma de un chasis para un vehículo de Fórmula SAE este siempre estará sometido a dos tipos de cargas entre las que se destaca las cargas globales y las cargas locales. Las cargas globales afectan a todo el chasis, mientras que las cargas locales afectan únicamente en ciertos puntos. Las cargas globales más importantes al momento de diseñar un chasis son las siguientes:

- La rigidez torsional
- La flexión vertical
- La flexión lateral
- La deformación horizontal

4.3.2.7. ERGONOMÍA

La ergonomía hace referencia al estudio de los datos biológicos y tecnológicos que permiten la adaptación entre el hombre y las maquinas, con el objetivo de generar la confortabilidad y el bienestar humano.

Confort y Seguridad

- **Asiento**

Para el confort del piloto se diseñó y elaboró el asiento mostrado en la figura 4.14, el mismo que fue manufacturado a base de fibra de vidrio con el objetivo de reducir peso en el vehículo.

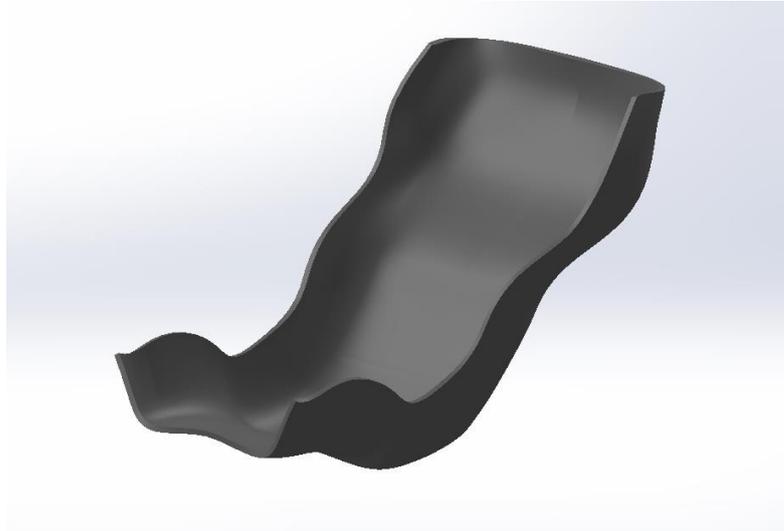


Figura 4.14. Asiento elaborado para el monoplaza [2].

- **Cinturón de seguridad**

El reglamento Fórmula student impone el uso de cinturones de seguridad homologados por lo que se recurre a la adquisición de los cinturones de seguridad de marca OMP mostrados en la figura 4.15 los cuales son cinturones de seis puntos ajustables.



Figura 4.15. Cinturón de seguridad [12].

- **Reposacabezas**

Para reducir lesiones en caso de accidentes el reglamento Fórmula student 2017 obliga el uso de un reposacabezas el cual puede o no ser ajustable dependiendo de sus dimensiones. El material usado internamente es fibra de carbono el cual está cubierto con esponja y tapizado con cuero.

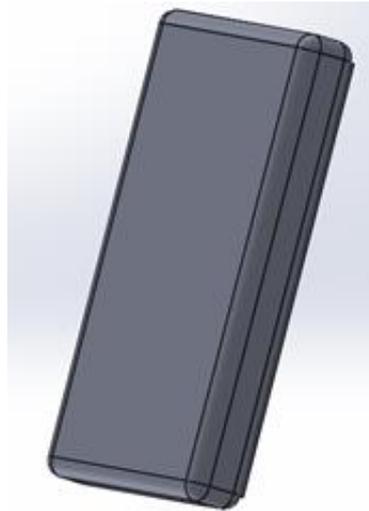


Figura 4.16. Reposacabezas del vehículo Fórmula student 2017 [2].

4.3.3. SISTEMA ELÉCTRICO

Sistema eléctrico del vehículo

El sistema eléctrico del vehículo se divide en dos categorías principales:

- Sistema de tracción
- Sistema de baja tensión

A continuación se describirá el sistema de baja tensión, el cual es de interés en este proyecto técnico.

4.3.3.1. Sistema de baja tensión

Este sistema controla la activación de los AIRs (relé de aislamiento del acumulador) por medio del circuito de apagado; además, controlará el acelerador para transmitir la señal que proviene del pedal al ser accionado por el piloto. En el circuito de apagado (shutdown) mostrado en la figura 4.17, se utilizará la línea de petición de interruptores que activan los AIRs. Los botones de parada, interlocks, BSPD (Dispositivo de plausibilidad del sistema de frenos), conector de IMD (Dispositivo de monitorización de aislamiento), TSMS (switch principal del sistema de tracción),

GLVMS (interruptor principal de bajo voltaje) y acelerador se encuentran en un circuito en serie que puede interrumpir la línea del contactor para activar los AIRs. Para controlar el acelerador se usa un arduino Nano, que verifica la implausibilidad y enviará una señal lógica para activar el circuito de apagado.

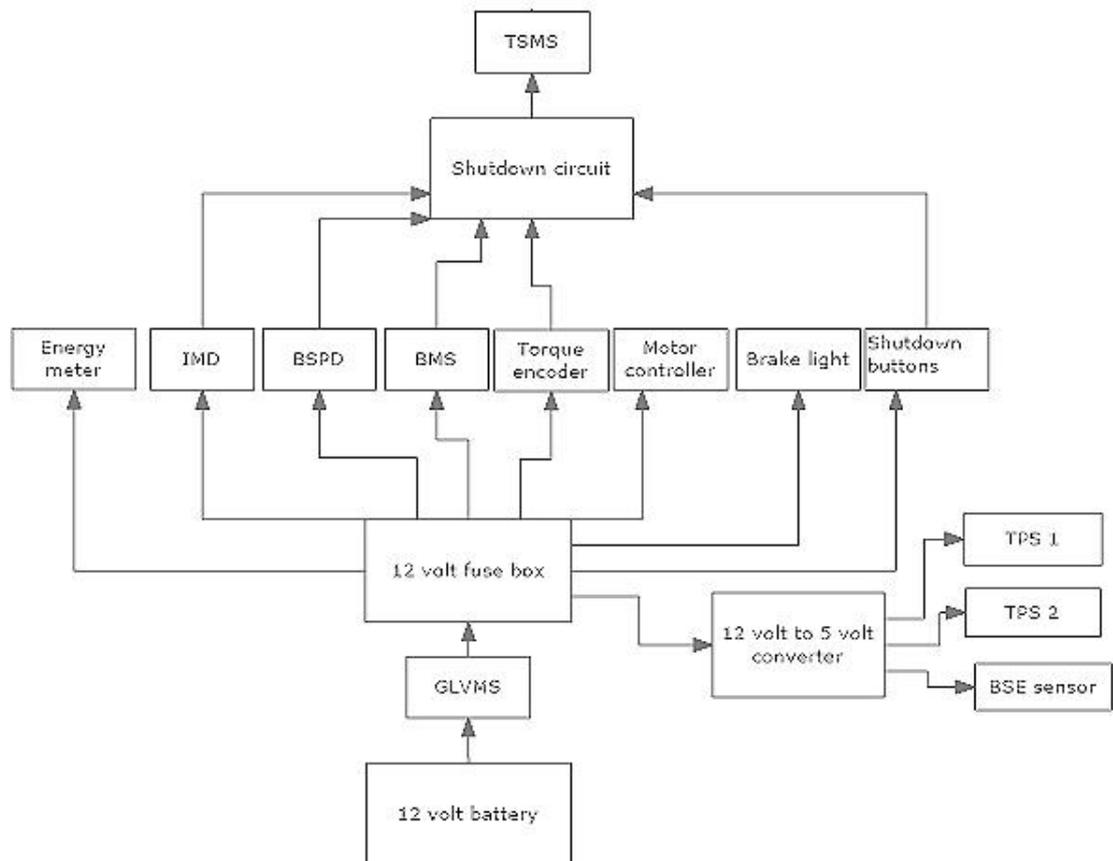


Figura 4.17. Circuito de Apagado [10].

Circuito de apagado (shutdown)

El circuito de cierre consta de un circuito de seguridad en serie compuesto por los interruptores maestros, los botones de parada, interruptor de inercia, IMD, BSPD, y los BOTS (brake over travel switch) para controlar la entrada de 12V a los AIRs. En cualquier condición de falla del circuito de cierre, se abre el circuito a los relés tipo AIR hasta que se reinicie. Si alguna falla es causada por el IMD, BSPD y BMS es necesario reiniciar el sistema con sólo pulsar un botón que se encuentra fuera de la cabina [10]

Tabla 4.3. Lista de interruptores en el circuito de apagado [10].

Parte	Función
Interruptor principal (para el control y de tracción-sistema; CSMS, TSMS)	Normalmente abierto
Interruptor de desplazamiento del freno (BOTS)	Normalmente cerrado
botones de parada (SDB)	Normalmente cerrado
Monitorización de aislamiento del dispositivo (IMD)	Normalmente abierto
Sistema de Gestión de la batería (BMS)	Normalmente cerrado
Interruptor de inercia	Normalmente cerrado
Interlocks (enclavamientos)	Cierran cuando los circuitos están conectados
Dispositivo Sistema de frenos de plausibilidad	Normalmente abierto

El circuito de pagado conforma todos los componentes de shutdown en un circuito en serie que activa los AIRs.

Posición en el vehículo

En la figura 4.18 se muestra la ubicación de la caja de circuitos de seguridad en la batería de alto voltaje.

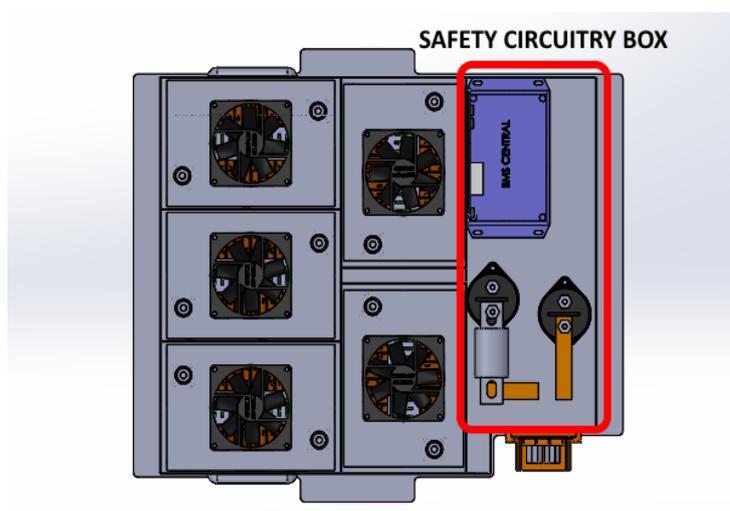


Figura 4.18. Caja de circuitos de seguridad o caja de apagado [10].

Monitorización de aislamiento del dispositivo (IMD)

El IMD utilizado en el vehículo es el Bender A-Isometer IR155-3204 y se ejecutará con el suministro de 12V. Con el uso de un circuito electrónico el circuito de apagado permanecerá abierto hasta que el IMD se restablezca.

Tabla 4.4. Parámetros de la IMD [10].

Características	Rango
Tensión de alimentación:	10..36VDC
Tensión de alimentación	12VDC
temperatura ambiente:	-40..105 ° C
intervalo de auto comprobación:	Siempre en el arranque, y luego cada 5 minutos
Alto rango de tensión:	0..1000V DC
Valor de respuesta:	204k Ω (500 Ω / Volt)
Corriente máxima de funcionamiento:	150mA
Tiempo aproximado para apagar al 50% del valor de respuesta:	9 s

La posición del IMD en el vehículo se puede verificar en la figura 4.19.

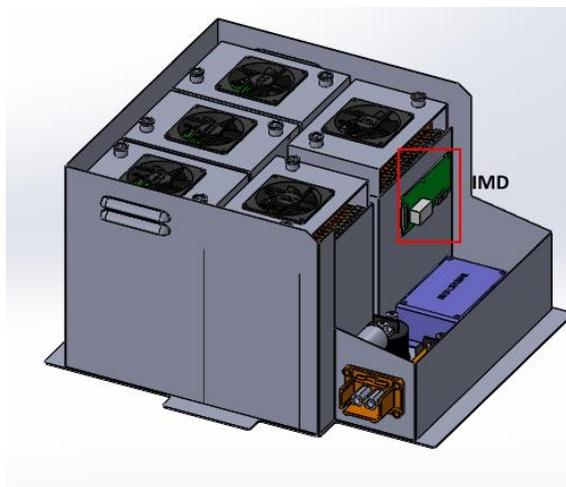


Figura 4.19. Posición del IMD en el monoplaza [10].

Interruptor de inercia

El interruptor de inercia utilizado es un mando normalmente cerrado. El mismo se activa entre 8 g y 30 g. Este mando trabajará con un rango de voltaje de 10 a 36VDC. En la tabla 4.5 se ilustra los parámetros del interruptor de inercia utilizado en el monoplaza. Parámetros del interruptor de inercia.

Tabla 4.5. Parámetros del interruptor de inercia [10].

Características	Rango
Tipo de interruptor de inercia:	8-30g Sensata
Tensión de alimentación:	10 a 36VDC
Tensión de alimentación:	12VDC
Temperatura ambiente:	-40 to105 ° C
Corriente máxima de funcionamiento:	10 A
Características del interruptor:	15 g de 28 ms / 24 g de 38ms

En la figura 4.20 se muestra la ubicación del interruptor de inercia en el vehículo

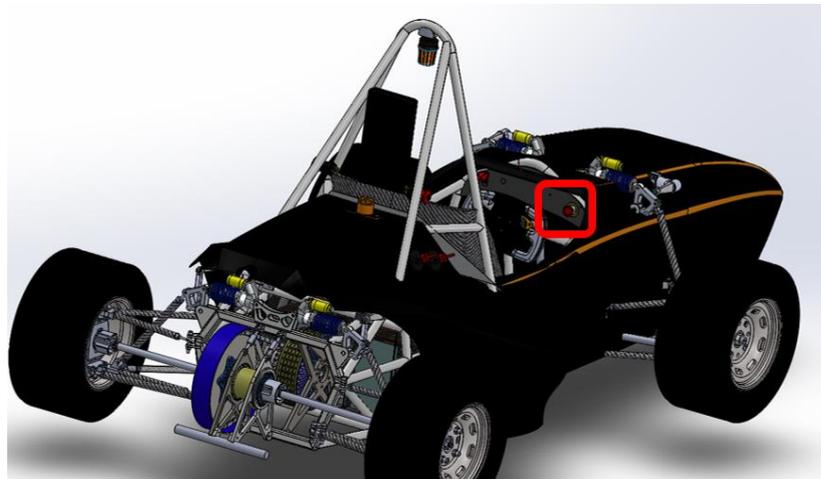


Figura 4.20. Interruptor de inercia en la cabina del piloto [2].

Dispositivo de plausibilidad del sistema de frenos

El circuito de seguridad no programable está diseñado para trabajar con la batería de baja tensión. Consiste en un relé que conmuta y se bloquea cuando se detecta una implausibilidad durante más de 0,5 segundos. En este punto, el vehículo no funciona hasta que se active el botón de reinicio.

La tabla 4.6 muestra los parámetros del sistema de frenos.

Tabla 4.6. *Parámetros del sistema de frenos de plausibilidad* [10].

Características	Rango
Sensor de freno	981HE0B4WA1F16 Sensor de posición de efecto Hall
Codificador de par utilizado	981HE0B4WA1F1 acelerador de efecto Hall
Medida de corriente DC utilizado	L03S400D15
Tensión de alimentación	10 a 14V
Corrientes máximas de suministro	60 a 140mA
Temperatura de funcionamiento	0 a 70 ° C
Salida utilizada para controlar AIRs:	Abra un contacto de relé normalmente cerrado

El sensor que envía la señal de frenado se encuentra en el pedal del freno, en la figura 4.21 se verifica la ubicación del mismo.

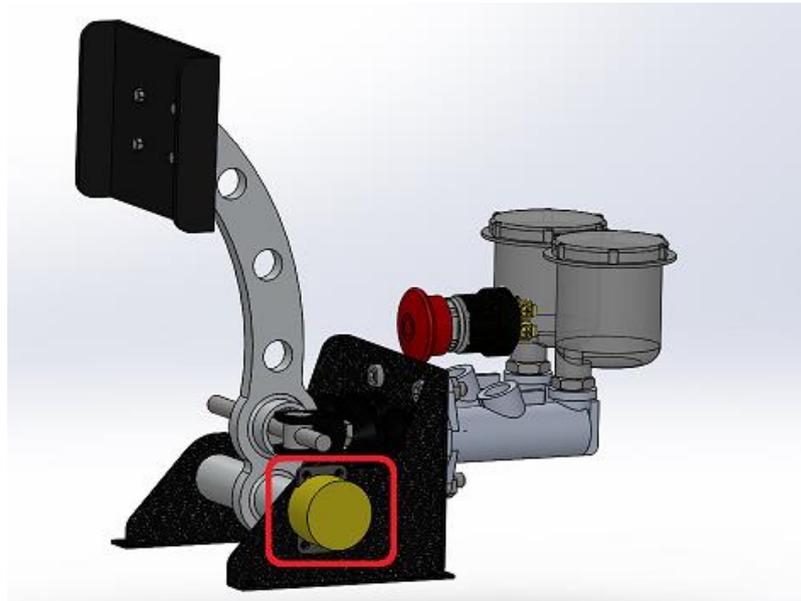


Figura 4.21. *Posición del sensor en el pedal de freno* [2].

Reinicio / Bloqueo para el IMD y BMS

El circuito de reinicio / bloqueo se utiliza para restablecer la conexión entre los componentes del circuito de apagado.

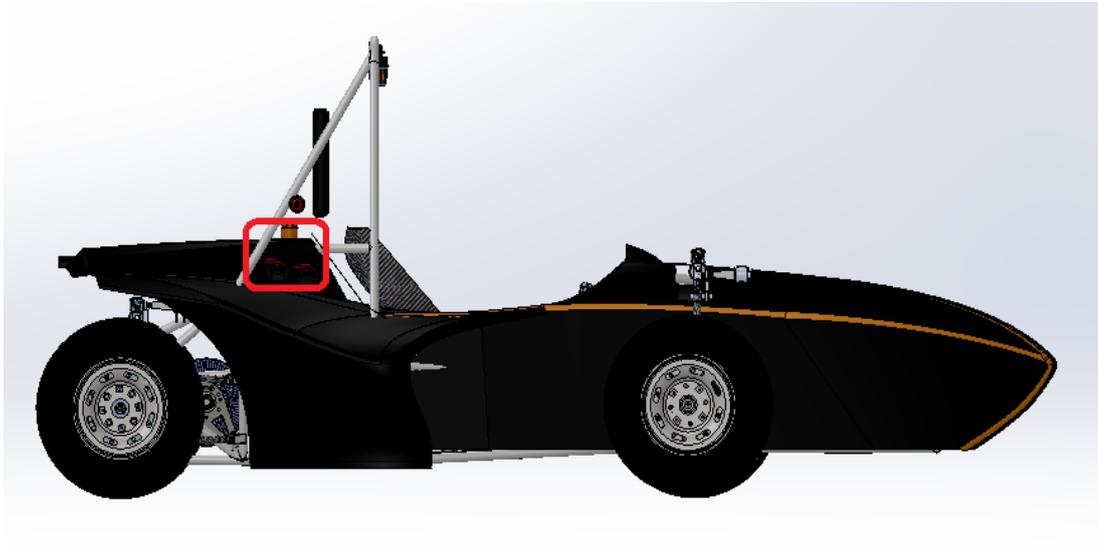


Figura 4.22. Localización de los botones para restablecer la conexión [2].

Codificador de par

El codificador de par utilizado consiste en dos potenciómetros rotativos estándar. Dos fuentes de alimentación diferentes que se utilizan para los potenciómetros uno de 5V y otro de 3.5V. Para procesar las dos señales se utiliza un Arduino. El arduino compara ambas señales y determinará si se produce una implausibilidad. Las resistencias pull down y pull up se utilizan en el circuito para trabajar en un rango de voltaje de 0.5V a 4.5V.

Tabla 4.7. Características de los sensores utilizados en el acelerador [10].

Características	Rango
Fabricante del codificador de par y tipo:	Vishay 981HE0B4WA1F16
Principio del codificador de par:	Efecto Hall.

Tensión de alimentación:	5V
corriente de alimentación máxima:	10mA
Temperatura de funcionamiento:	-45..125 ° C
Valor de salida :	0-5V

En la figura 4.23 se ilustra la ubicación de los dos potenciómetros en el pedal del acelerador.

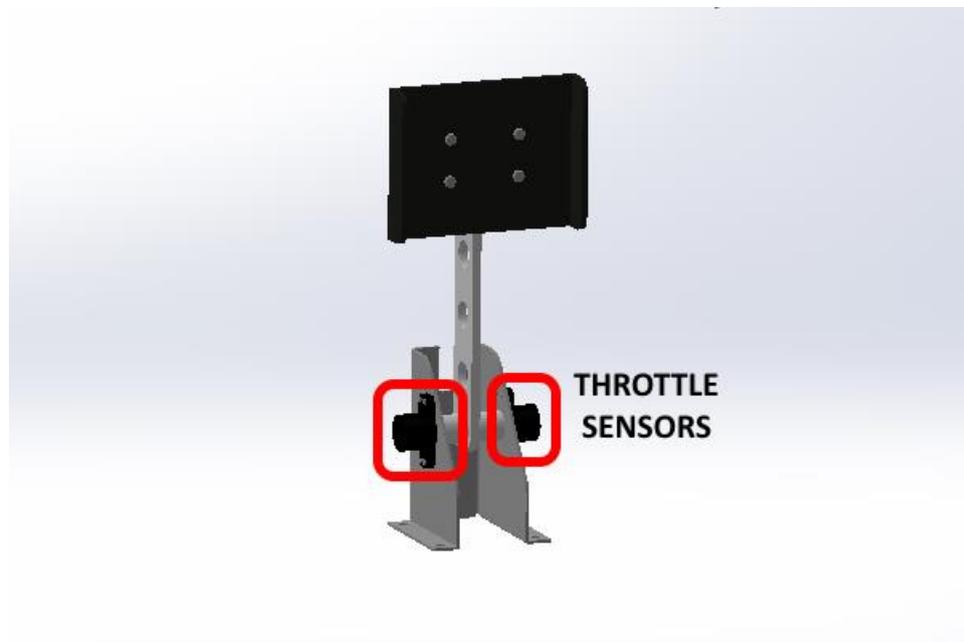


Figura 4.23. Ubicación del codificador de par en el pedal del acelerador [10].

Bajo voltaje

Convertidor DC-DC

Este convertidor suministrará energía a la mayoría de los sensores como: TPS1, TPS2, y el sensor BSE. El convertidor 15-5VDC que se usa se muestra en la figura 4.24.



Figura 4.24. Convertidor 12-5 VDC [10].

Caja de fusibles (LV)

La caja de fusibles consta de 12 fusibles para la alimentación de 12V a los diferentes elementos de bajo voltaje. La caja de fusibles no tiene una conexión directa a tierra, por lo que es necesario realizar tierra fuera de la caja.

La posición de la caja de fusibles en el monoplaza se puede observar en la figura 4.25.

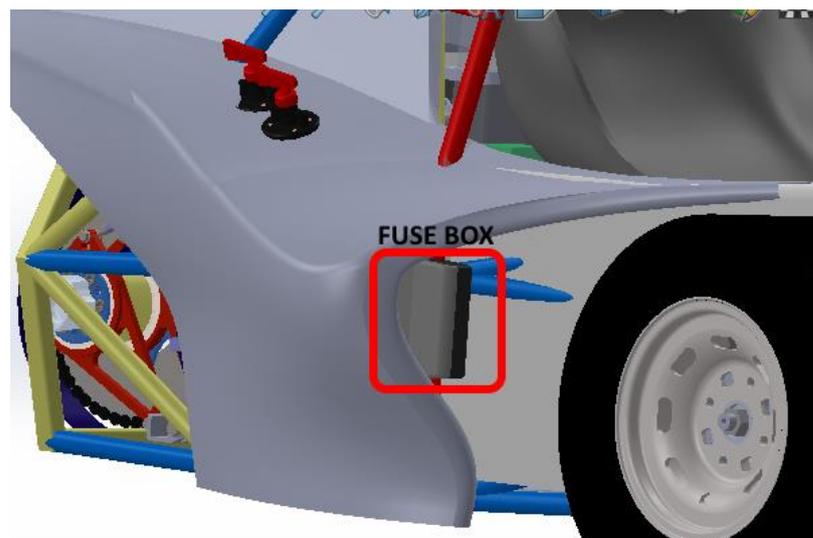


Figura 4.25. Ubicación de la caja de fusibles en el Vehículo FSAE [10].

El diagrama de la figura 4.26, muestra las conexiones de la batería de bajo voltaje.

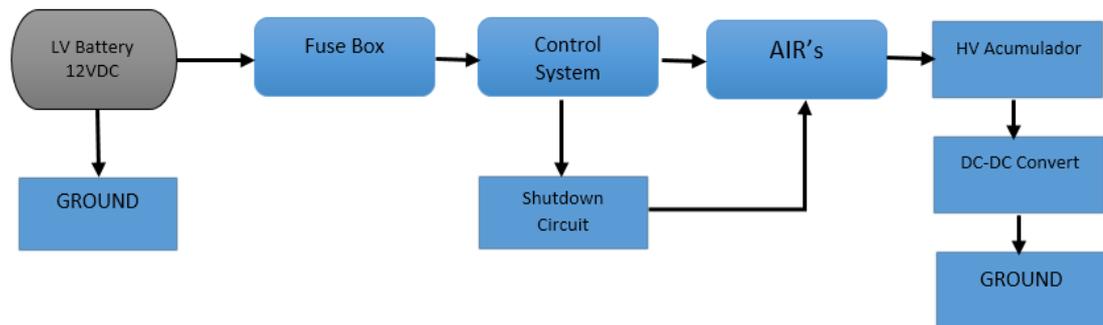


Figura 4.26. Conexiones de la batería de baja tensión [2].

4.4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y DEL ESTADO DEL ARTE DE PROTOCOLOS DE COMPROBACIONES

4.4.1. ¿QUÉ ES UN PROTOCOLO?

Un protocolo es un reglamento o una serie de instrucciones que se fijan por tradición o por convenio. Partiendo de este significado, es posible emplear la idea en diferentes contextos. Un protocolo puede ser un documento o una normativa que establece cómo se debe actuar en ciertos procedimientos. De este modo, recopila conductas, acciones y técnicas que se consideran adecuadas ante ciertas situaciones. [13]

En vehículos convencionales la venta de un coche nuevo requiere una revisión preventiva o inspección pre-entrega (PDI) que siga las instrucciones del fabricante. Además, la revisión se considera importante debido a la garantía que ofrece el fabricante, las campañas de retirada de vehículos viejos y la reparación y mantenimiento de los coches [14].

4.4.2. PDI elaborados por marcas de vehículos

A continuación se presentan protocolos desarrollados por distintas marcas de vehículos convencionales así como también se presenta el formato de escrutinio desarrollado por Fórmula Student para evaluar a los vehículos durante la competencia. Los cuales servirán como base para la elaboración del protocolo de pruebas requerido para el presente proyecto técnico.

En la figura 4.27 se muestra un formato PDI (Inspección pre - entrega) desarrollado por la marca Mercedes Benz, el cual suele ser conocido como certificado pre-propiedad y es utilizado por parte de los inspectores técnicos previo a la entrega del vehículo a su propietario.

4.4.2.1. PDI Mercedes Benz

Mechanical Standards					
Please circle the codes as appropriate below:					
OK = Pass			C = Checked		
R = Repaired or replaced			NA = Not Applicable		
S = Serviced per the following: 1. Service is MANDATORY if not performed per schedule as required, or if not performed and documented by an authorized Mercedes-Benz dealer.			Vehicles eligible for Mercedes-Benz Certified Pre-Owned Certification are current and previous six (6) Model years.		
2. Service to be performed if within 2,000 miles of scheduled maintenance or if performed more than 4 months ago. 3. Fluid Changes include Filter(s).			Service/Maintenance jobs please refer to the Workshop Information System.		
1	OK				No Identifiable Structural Damage Verification
2	OK				Mileage/History Verification print and attach VMI and CARFAX report
3	OK	R			All Recall and/or other Campaigns Performed
4	OK	R			Current Maintenance and Warranty Booklet
5	OK	R			Current Owner's Manual
6	OK	R			All Spare Keys (Including Wheel Locks if Installed)
7	OK	R	NA		Radio Theft Deterrent CODE Cards Present
8	OK	R			SRS Date Label (Check Date - 15 year validity)
9	OK	R			Roadside Assistance Program Label Affixed
10	OK	R			Inspection Label Affixed
11	OK	R	NA		Flash-up the newest software if available for all Telematics components
12	OK	R			Perform short test & attach printout. Diagnose any stored DTC's & repair as necessary
29	OK	R	C	NA	Ignition System; Including Routing of Ignition Wires (Gas) if applicable
30	OK	R		NA	Pre-Glow System Function - Visual (Diesel)
31	OK	R		NA	Injection Pump Timing (Diesel)
32	OK	R		NA	Vacuum Pump; Leak Evidence of Oil in Vacuum Line (Diesel)
33	OK	R		NA	Boost Pressure (Diesel)
34	OK	R	S		Air Cleaner/ Filter
35	OK	R			V-Belts and Poly-V-Belt
36	OK	R			Engine Mounts
37	OK	R	S	NA	Heating and Ventilation Dust Filter
38	OK	R	S	NA	Active Charcoal Filter/Pre-Filter
39	OK	R	S	NA	Recirculating Air Filter
40	OK	R			A/C Refrigerant Charge system

Figura 4.27. Certificado de pre-propiedad de la marca Mercedes Benz [15].

En la figura 4.28 se muestra la constitución de un formato PDI elaborado por FREIGHTLINER para la verificación de los principales componentes de un vehículo previo su salida al mercado.

4.4.2.2. PDI FREIGHTLINER

FREIGHTLINER		AUTOZAMA Guatemala, Salvador y Honduras		Primera parte		
INSPECCION PRE-ENTREGA						
Control de entrega y registro- Formulario			MODELO _____	Numero de chasis:		
Concesionario			_____	Numero de _____	Segunda parte	
Fecha de inspección (dd/mm/aaaa)			_____	Numero de Orden:		
				Kilometraje		
a. Complete las secciones y llene en código con OK= <input type="checkbox"/> No Conforme (NC)= <input type="checkbox"/> Aplica)= <input checked="" type="checkbox"/>						
b-¡¡IMPORTANTE! Antes de dar encendido al vehículo corroborar niveles de aceite de Motor y Refrigerante						
Tercera Parte						
Código	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES					
OK/NC	NA	Cajina interior/exterior Operación de inspección Manual			hrs.	Observaciones
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Sistema de advertencia poco aire	Confirme que el sistema de advertencia de presión de aire opera correctamente	1	Cuarta Parte
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Limpia parabrisas y disparadores	Verificar que los limpiaparabrisas funcionan correctamente, verificar el nivel del reservorio		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Cornetas eléctricas y de aire	Verificar que las cornetas funcionan correctamente		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Cinturones de seguridad, controles de operación y montaje de los asientos	Inspeccionar que los asientos estén correctamente colocados, el ensamble de los pernos de los asientos y asegúrese que los cinturones de seguridad funcionen correctamente.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Funcionamiento equipamiento interno	Verificar el funcionamiento correcto de: Interruptores, eleva vidrios, control A/C, graduación columna dirección, manómetros, control espejos.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Inspección superficies	Inspección visual de fisuras, decoloración o daños en superficie de millare, tapicería.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NA	Sistema de alarma funcionamiento frenos hidráulicos	Verificar la correcta operación (Para vehículos equipados con el sistema)		
Certifico que la inspección de preentrega (PDI) ha sido desarrollada correctamente, y que todas las operaciones han sido completadas de acuerdo con el presente checklist de revisión y el manual de garantía co las instrucciones que allí se encuentran.						
Firma jefe de taller y nombre claro			Firma técnico y nombre claro		Quinta Parte	
					Fecha (dd/mm/aaaa)	

Figura 4.28. PDI elaborado por la marca FREIGHTLINER [16].

La primera parte del formato de la figura 4.28 consta de:

- Logo de la marca de vehículos
- Nombre del concesionario autorizado por la marca FREIGHTLINER para realizar la inspección a sus vehículos
- Lugar en el que se realiza la inspección
- Tipo de inspección

En la segunda parte se detallan aspectos como:

- Tipo de concesionario
- Fecha de inspección técnica
- Datos generales del vehículo (número de chasis, motor, etc.)

En la tercera parte del PDI se describen los códigos de calificación que se serán usados según el estado de los componentes.

En la cuarta parte del formato se divide en secciones como:

- Área de evaluación
- Área de elementos que deben ser diagnosticados
- Área de operaciones que deben realizarse a cada componente
- Área de tiempo que se tarda en realizar la operación
- Área de observaciones que realice el inspector durante la revisión

La quinta parte será complementada una vez finalizada la revisión en el vehículo, la cual consta con firmas de responsabilidad por parte del inspector técnico y el supervisor quienes aseguran que el check list de revisión ha sido aprobado. A continuación, se describe la hoja de inspección técnica de Fórmula SAE 2017, la cual es utilizada por los jueces durante las pruebas estáticas. Esta sirve para comprobar que el vehículo cumpla con lo establecido en el reglamento correspondiente al año de competición.

DOCUMENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE FÓRMULA SAE

2017 FSAE INSPECTION SHEET			
CAR NUMBER:		(Inspector use only)	
SCHOOL:		Initials:	Day:
SES DEVIATIONS? YES/NO		Time In:	Time Out:
TRANSPONDER NUMBER:		Initials:	Day:
		Time In:	Time Out:
		Initials:	Day:
		Time In:	Time Out:

IMPORTANT

THIS FORM MUST STAY WITH THE CAR UNTIL THAT SPECIFIC PART OF INSPECTION HAS BEEN COMPLETED.
PRESENT THE VEHICLE FOR INSPECTION IN THE FOLLOWING ORDER:

- 1a. SAFETY GEAR CHECK (Bring all items from "DRIVER'S EQUIPMENT" section below, plus rain tires)
- 1b. TECHNICAL INSPECTION
2. FUELING & TILT TABLE INSPECTION
3. NOISE LEVEL & BRAKING PERFORMANCE INSPECTION

NOTE - IF THERE IS A CONFLICT BETWEEN THIS FORM AND THE RULES, THE RULES PREVAIL

PART 1			
TECHNICAL INSPECTION			
TYRES & WHEELS			
DRY TIRES - Make:		RAIN TIRES - Make:	
Size:		Size:	
Compound:		Compound:	
WHEELS - Four wheels not in a line, 20.32 cm (8.0 in) min. diam. Wheels with single wheel nut must have positive retainer.		RAIN TIRES - 3/32 in. min. tread depth molded by tire manufacturer.	
DRIVER'S EQUIPMENT			
HELMETS - Snell SA2005, SA2010, SAH2010, SA2015; M2005, M2010, M2015; K2005, K2010, K2015. BS 6658-85 Type A/FR (not Types A or B). SFI 31.2/2005,2010,2015; SFI 41.2/2005,2010,2015; FIA 8860-2004, 8860-2010, 8859-2015. Closed Face, no Open Face, must have integrated shield (no dirtbike helmets). No camera mounts.		DRIVERS' SUITS - Single piece FIA 1986 or 2000 Standard, or SFI 3-2A/5 minimum rating, and LABELED AS SUCH.	
GOGGLES / FACE SHIELDS - made of impact resistant material.		GLOVES - Fire resistant material. No holes. Leather allowed	
ARM RESTRAINTS - Must be installed so the driver can release them and exit unassisted regardless of vehicle's position.		SHOES - SFI 3.3 or FIA 8856-2000	
HAIR COVER - Fire resistant (Nomex or equiv.) balaclava or full helmet skirt REQUIRED FOR ALL DRIVERS.		SOCKS - Nomex or equivalent, fire resistant socks.	
		FIRE EXTINGUISHERS - Two (2) hand-held, 0.9 kg (2 lb.) minimum, dry chemical (10BC, 1A10BC, 34B, 5A 34B, 20BE or 1A 10BE) extinguishers; Must see BOTH at Tech. On-board fire system encouraged as alternative to hand-held that moves with car.	

Figura 4.29. Primera parte de la inspección técnica FSAE 2017 [17].

En la figura 4.29 se muestra la primera parte de la inspección técnica en la cual se toman en cuenta aspectos como:

- La comprobación del equipo de seguridad del piloto
- La inspección técnica a los sistemas del vehículo

2017 FSAE INSPECTION SHEET

Page 5

CAR NUMBER:	
SCHOOL:	
ENGINE MODEL:	
ENGINE BORE X STROKE:	
ABS? YES/NO	

IMPORTANT

THIS FORM MUST STAY WITH THE CAR UNTIL THESE PARTS OF INSPECTION HAVE BEEN COMPLETED

PART 2	
FUEL SYSTEM & TILT TABLE INSPECTION	
SPILLAGE - No fluid leaks of any kind permitted when car is tilted to 45 degrees in the direction most likely to create spillage; Fuel tanks must be filled to their sight tube fill line.	VEHICLE STABILITY - All wheels in contact with tilt table when tilted to 60 degrees to the horizontal.
FUEL STICKER - Fuel sticker in place adjacent to F/T filler. MARK TYPE OF FUEL USED (e.g. 93, 100 or E-85) ON THIS FORM	FUEL TYPE
NON-COMPLIANCE / COMMENTS:	
APPROVED BY:	DATE:

Figura 4.30. Segunda parte de la inspección técnica FSAE 2017 [18].

La segunda parte hace referencia a:

- Datos generales del vehículo
- Tipo de combustible que utiliza el vehículo
- Inspección de inclinación a 45° y 60°

Además cuenta con un área para comentarios así como para la fecha de aprobación y un segmento para verificar el nombre del juez que realizó la inspección.

PART 3	
NOISE LEVEL & BRAKING PERFORMANCE INSPECTION	
NOISE LEVEL - 110 dB (C) ("C" scale) maximum during a static test, gearbox in neutral, UP TO a specified rpm (see Rule IC 3.2.4). 103 dBC at idle. Microphone level with the exhaust outlet(s), 0.5 m (19.7") from the outlet(s), at 45 degrees to the outlet. If multiple outlets, all to be checked. If movable tuning or throttling device, see IC 3.2.3.	BRAKING PERFORMANCE - Must lock-up all four wheels on dry asphalt at any speed. If adjustments are made to the vehicle after three failed attempts before retest, the car may run on the Practice Track without the final Brake Performance Tech Sticker.
MASTER SWITCH - Master switch on RHS of main roll hoop must cause engine to stop when actuated. (Perform at end of noise test)	
NOISE LEVEL:	ATTEMPTS:
NON-COMPLIANCE / COMMENTS:	
APPROVED BY:	DATE:

Figura 4.31. Tercera parte de la inspección técnica FSAE 2017 [18].

Finamente en la tercera parte de la inspección se verifica el nivel de ruido producido por el vehículo, también se realiza la prueba de frenado. Además existe un área para comentarios en el caso de que se necesite mayor explicación de alguna temática existente dentro del respectivo formato de inspección.

2016 FSAE ELECTRIC INSPECTION SHEET	
UNIVERSITY:	CAR NUMBER:
SES PASSED: <input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	BODY PROTECTION RESISTOR:
IADR PASSED: <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	ESF PASSED: <input type="checkbox"/> YES <input checked="" type="checkbox"/> NO
TS VOLTAGE:	GLVS VOLTAGE:
IMPORTANT	
PRESENT THE VEHICLE FOR INSPECTION IN THE FOLLOWING ORDER:	
1. ELECTRICAL INSPECTION	
2a. SAFETY GEAR CHECK (Bring all items from "DRIVER'S EQUIPMENT" section below, plus rain tires)	
2b. MECHANICAL TECHNICAL INSPECTION	
3. TILT TABLE INSPECTION	
4. RAIN TEST	
5. BRAKING PERFORMANCE INSPECTION	
THIS FORM MUST STAY WITH THE CAR UNTIL THAT SPECIFIC PART OF INSPECTION HAS BEEN COMPLETED	
NOTE - IF THERE IS A CONFLICT BETWEEN THIS FORM AND THE RULES, THE RULES PREVAIL	
PART 1 ELECTRICAL INSPECTION	
Scrutineer name:	Start time:
Check that ESF and FMEA are available printed on paper:	End time:
Available? Check if yes	
ESF <input type="checkbox"/>	
GENERAL	
Identify Electrical System Officer	The ESO will be the central team contact during Electrical Inspection
Separation of TS and GLVS on self-developed PCBs	Check that on self-developed PCBs TS and GLVS are clearly separated. Check spare PCBs or photographs, if available. Otherwise check built-in PCBs.
Ask for the ESO	Visible check

Figura 4.32. Formato de inspección eléctrica FSAE 2016 [17].

En la figura 4.32 se muestra el formato de la inspección eléctrica desarrollado por la Fórmula SAE 2016, el mismo consta de una similar estructura al de la inspección técnica mecánica mostrado en la figura 4.29.

En este formato se inspeccionan parámetros en el siguiente orden:

1. Inspección eléctrica
- 2a. Control de equipo de seguridad
- 2b. Inspección técnica mecánica
3. Inspección de inclinación
4. Prueba de lluvia
5. Prueba de frenado

4.5. RESUMEN

En esta sección se describió en que consiste la competencia Fórmula SAE electric, así como también se revisó el reglamento Formula SAE 2017. De la misma manera se especificó las puntuaciones que tienen cada uno de los eventos dentro de la competencia.

Posteriormente se detalló cada uno de los sistemas del vehículo Fórmula SAE 2017, los cuales servirán para elaborar el formato del protocolo en el capítulo cinco de los sistemas a comprobar.

Finalmente se realizó una revisión del estado del arte acerca de investigaciones y proyectos realizados sobre protocolos de comprobaciones, desarrollados tanto para vehículos convencionales así como para vehículos tipo Fórmula.

La información descrita en el presente capítulo servirá de referencia para desarrollar los formatos de los protocolos necesarios para el presente proyecto técnico, los mismos que serán realizados en el siguiente capítulo.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Introducción

En este capítulo se empleará una metodología para el desarrollo del protocolo de comprobaciones del vehículo. A continuación, haciendo uso de la información del capítulo anterior se procede a elaborar el formato de diagnóstico, en el cual se describirán los parámetros que deben cumplir cada uno de los ítems que pertenecen a los diferentes sistemas del vehículo para su correcto funcionamiento. Previa a la elaboración del protocolo se realizará un esquema preliminar en el cual se describirá la ubicación de cada una de las partes que conforman el formato de comprobaciones. Finalmente se mostrará el protocolo ya desarrollado y su respectiva implementación en el monoplaza, así como también se presentará un cuestionario de preguntas que será utilizado para evaluar el protocolo.

5.2. Metodología para el desarrollo de protocolo de pruebas [19]

Para el proceso de selección del protocolo de comprobaciones para el vehículo Fórmula SAE 2017 se utilizará una metodología, la cual es mostrada en la figura 5.1.

- Reconocimiento de la necesidad
- Investigación preliminar
- Planteamiento de objetivos
- Determinación de parámetros a ser evaluados
- Desarrollo de protocolo de pruebas (formato, contenido, distribución de contenido, etc.)
- Evaluación del vehículo con los formatos desarrollados

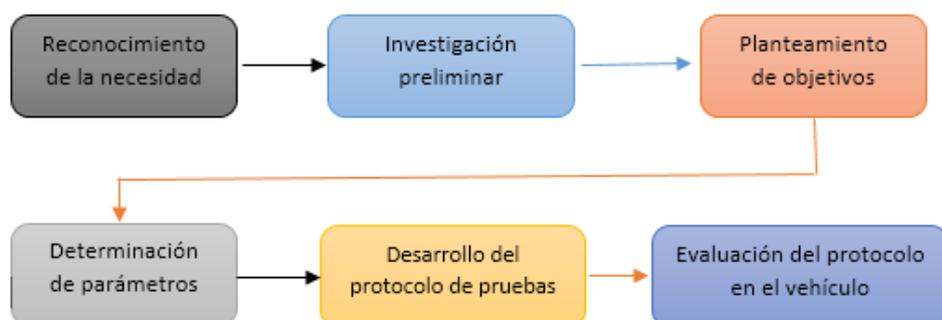


Figura 5.1. Metodología utilizada para el desarrollo del protocolo de pruebas [2].

5.3. Aplicación de la metodología para el desarrollo del protocolo de pruebas

5.3.1. Reconocimiento de la necesidad

Se requiere un protocolo de pruebas para el vehículo Fórmula SAE 2017, el cual ayude a mejorar las condiciones del mismo, aumentando su fiabilidad y ayudando así a la posibilidad de la aprobación de las pruebas estáticas y dinámicas efectuadas en la competencia. Además, con este proyecto se optimizará el tiempo para localizar las fallas garantizando así la seguridad del piloto, como también la del vehículo durante la competición.

5.3.2. Investigación preliminar

La información obtenida referente a la elaboración del protocolo de pruebas, así como al diseño y desarrollo del mismo fue presentada en el capítulo cuatro. Además, se realizó una revisión del estado del arte respecto a protocolos de comprobaciones y PDI (Inspección pre-entrega) para evaluar los sistemas que componen un vehículo. De igual manera se investigó acerca de los documentos técnicos utilizados en la competencia Fórmula SAE para evaluar a los vehículos que van a competir.

5.3.3. Planteamiento de objetivos

El objetivo principal es desarrollar un protocolo de pruebas de funcionamiento para el vehículo Fórmula SAE Eléctrico 2017, el cual deberá cumplir con todos los requisitos para las comprobaciones dinámicas y estáticas que impone el reglamento FSAE 2017 durante el desarrollo de la competencia.

5.3.4. Determinación de parámetros a ser evaluados

Se ha desarrollado un protocolo de comprobaciones para cada sistema independientemente, es por eso que se procederá a especificar cada componente que será revisado en el vehículo con el protocolo:

5.3.4.1. Parámetros del sistema de dirección

El sistema de dirección consta de 19 ítems mostrados en la tabla 5.1, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.1. Parámetros del sistema de dirección [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Volante	estado físico de la superficie	Inspección visual
	resistencia al giro o ruidos anormales	Inspección manual y auditiva
Quick release	estado físico del resorte	Inspección visual
	estado físico del estriado	Inspección visual
Columna de la dirección	sujeción entre el volante y la columna de la dirección	Inspección visual y manual
	fijación al chasis del conjunto del rodamiento	Inspección visual
	existencia de la esponja protectora	Inspección visual
Terminales	existencia de holguras	Inspección visual
	correcta acoplamiento a los brazos	Inspección visual
Brazos de fibra de carbono	estado físico	Inspección visual
	posible delaminación	Inspección visual
Injertos de los brazos	estado físico superficial	Inspección visual
Neumáticos	desgaste uniforme de la banda de rodadura	Inspección visual
	espesor de la banda de rodadura	Inspección con herramienta
	tipo adecuado de acuerdo a la pista	Inspección visual
	presión de inflado	Inspección con herramienta
Pernos y arandelas	existencia de arandelas	Inspección visual
	marcas de aplicación de torque	Inspección visual
	existencia mínima de 2 hilos libres	Inspección visual

5.3.4.2. Parámetros del sistema de la suspensión

El sistema de transmisión y motor consta de 10 ítems mostrados en la tabla 5.2, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.2. Parámetros del sistema de suspensión [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Anclajes	desperfectos en las zonas de fijación con el chasis	Inspección visual
	existencia	Inspección visual
Injertos de brazos de suspensión	estado físico de la superficie	Inspección visual
Barra estabilizadora	acoplamiento correcto	Inspección visual y manual
Amortiguadores	correcta calibración (20 hilos)	Inspección visual y manual
Muelle	estado físico	inspección visual
Terminales	uniones correctas con los brazos	Inspección visual y manual
Rocker	estado físico (deformaciones, roturas)	Inspección visual
	unión con los brazos, barra estabilizadora y amortiguador	Inspección visual y manual
Rodamientos del rocker	giro libre y la producción de ruidos anormales	Inspección auditiva y manual

5.3.4.3. Parámetros del sistema de frenos

El sistema de frenos consta de 15 ítems mostrados en la tabla 5.3, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.3. Parámetros del sistema de frenos [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Líquido de frenos	nivel de líquido de freno en el depósito	Inspección visual
Depósito de líquido de frenos	placas de soporte del depósito	Inspección visual
Calibración del pedal	desplazamiento libre en el pedal (7 a 9 mm)	Inspección con herramientas
Luz de freno	encendido de la luz roja del freno al accionar el pedal	Inspección visual
Cilindros y cañerías	existencia de corrosión o roturas	Inspección visual

	fugas del líquido de frenos.	Inspección visual
Disco frontal derecho	espesor mínimo (4 mm)	Inspección con herramientas
Disco frontal izquierdo	espesor mínimo (4 mm)	Inspección con herramientas
Disco posterior derecho	espesor mínimo (4 mm)	Inspección con herramientas
Disco posteriores izquierdo	espesor mínimo (4 mm)	Inspección con herramientas
Pedales	superficie de contacto del acelerador y freno	Inspección visual
Pernos mangueta - mordaza	dispongan del mecanismo de bloqueo positivo.	Inspección visual y manual
Placa base de pedales	Sujeción correcta.	Inspección visual
Aros	existencia de deformaciones, abolladuras o roturas.	Inspección visual y manual
Mordazas de freno delantero y posterior	existencia de los pasadores de sujeción de las pastillas de freno y sus respectivos seguros	Inspección visual

5.3.4.4. Parámetros del sistema de transmisión y motor

El sistema de transmisión y motor consta de 14 ítems mostrados en la tabla 5.4, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.4. Parámetros del sistema de transmisión y motor [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Motor	estado físico de los anclajes	Inspección visual
Pernos	estado físico y grado de dureza	Inspección visual
Refrigeración	fugas en el sistema de refrigeración	Inspección visual
Deposito del refrigerante	nivel del refrigerante	Inspección visual

Protección del motor	presencia sobre el motor	Inspección visual
Piñón del motor	dientes completos (desgaste)	Inspección visual y manual
Catalina	dientes completos (desgaste)	Inspección visual y manual
Cadena de transmisión	estado físico	Inspección visual
	lubricación de la cadena	Inspección visual
Protección de la cadena de transmisión	Presencia y que no exista contacto con la cadena.	Inspección visual
Guardapolvos	estado físico (roturas)	Inspección visual y manual
	sellado completo de las bridas	Inspección visual
Semiejes	desplazamiento axial (máx. 1cm)	Inspección visual y con herramientas
Diferencial	estado físico de los dientes	Inspección visual

5.3.4.5. Parámetros de la carrocería y chasis

El sistema de chasis y carrocería consta de 13 ítems mostrados en la tabla 5.5, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.5. Parámetros de la carrocería y chasis [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Chasis /tubos	deformaciones excesivas en los tubos	Inspección visual
Atenuador de impactos	estado físico superficial	Inspección visual
	fijación de la superficie de contacto con el chasis	Inspección visual
Fondo plano	puntos de anclaje con la chasis	Inspección visual
Carrocería	existencia de cauchos aislantes que protejan la zona de alto voltaje	Inspección visual
Carrocería	contacto con los neumáticos al girar completamente el volante	Inspección visual
	estado de los adhesivos	inspección visual

Carrocería frontal	zonas libres entre los neumáticos delanteros y la carrocería (75 mm)	inspección visual
Carrocería posterior	zonas libres entre los neumáticos posteriores y la carrocería (75 mm)	inspección visual
Cámara de video	puntos de anclaje (mínimo dos)	inspección visual
Número de identificación	existencia en tres lugares distintos del monoplaza	inspección visual
Barra estabilizadora	contacto con la carrocería	inspección visual
Carrocería	puntos de anclaje asegurados	inspección visual

5.3.4.6. Parámetros de ergonomía

El sistema de ergonomía consta de 21 ítems mostrados en la tabla 5.6, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.6. Parámetros de ergonomía [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Cinturón de seguridad	fecha de caducidad / estado físico	Inspección visual
	puntos de anclaje	Inspección visual
Casco	fecha de caducidad / estado físico	Inspección visual
Traje del piloto	fecha de caducidad	Inspección visual
	estado físico (desgaste o roturas)	Inspección visual
Asiento	puntos de anclaje	Inspección visual
	estado físico	Inspección visual
Reposacabezas	sujeción al chasis	Inspección visual
	estado físico	Inspección visual
Firewall	puntos de anclaje	Inspección visual
	completo aislamiento de la cabina	Inspección visual
Guantes, protector de la cara y cabello, y zapatos	fecha de caducidad	Inspección visual
	estado físico	Inspección visual
Extintor	fecha de caducidad	Inspección visual

	presión	Inspección visual
Esponja protectoras de la barra de la dirección	presencia	Inspección visual
	estado físico	Inspección visual
	acoplamiento correcto	Inspección visual
Esponja protectoras de la barra del arco principal	Presencia	Inspección visual
	estado físico	Inspección visual
	acoplamiento correcto	Inspección visual

5.3.4.7. Parámetros del sistema de bajo voltaje

El sistema eléctrico de bajo voltaje consta de 12 ítems mostrados en la tabla 5.7, que serán parte del protocolo de pruebas para ser evaluados.

Tabla 5.7. Parámetros del sistema de bajo voltaje [2].

Componente del sistema	Ítem a verificar	Método de diagnóstico
Luz de freno	encendido presionando el pedal	Inspección visual
Protección del cableado	verificar el estado físico	Inspección visual
Cableado	desgaste o roturas	Inspección visual
Sensor de posición del pedal del acelerador	conexión de los cables del sensor	Inspección visual y manual
	estado físico del sensor (roturas)	Inspección visual
	estado de los conectores	Inspección visual
Pedal del acelerador	estado de los resortes de retorno	Inspección visual y manual
Botón de pagado(exterior derecho)	funcionalidad con el vehículo encendido	Inspección visual y manual
Botón de pagado(exterior izquierdo)	funcionalidad con el vehículo encendido	Inspección visual y manual
Botón de pagado(cabina)	estado físico de los contactos	Inspección visual y manual
Suministro del sistema GLV	nivel de voltaje de la batería en la pantalla LCD	Inspección visual
Continuidad	continuidad en todos los componentes metálicos	Inspección con herramienta

5.3.5. Desarrollo de protocolo de pruebas (formato, contenido, distribución de contenido)

5.3.5.1. Elaboración del formato para el protocolo

Con la información obtenida en el capítulo anterior se procede a elaborar los primeros formatos para el protocolo de comprobaciones. En la figura 5.2 se muestra la disposición esquemática de los parámetros a ser comprobados en cada sistema.

NOMBRE DEL DOCUMENTO		SISTEMAS DEL VEHÍCULO		Primera parte	LOGO: UPS RACING TEAM
Inspector :		Fecha :		Número de revisión : <input type="text"/>	
DESCRIPCIÓN DE CADA UNO DE LOS CÓDIGOS					Segunda parte
DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO					
Código		DESCRIPCIÓN	ÍTEM A REALIZAR	Método	SECCIÓN PARA DETALLAR
OK / R	NA	SISTEMA	Parámetros	Tercera parte	Comentarios
Sección 1		Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
		Sección para enumerar cada elemento del sistema	Sección para describir la actividad que se debe realizar a cada elemento de sistema	Sección para el logo de acuerdo al tipo de diagnóstico	Área para describir comentarios u observaciones

Figura 5.2. Formato preliminar del protocolo de comprobaciones [2].

Este formato además ayudará a visualizar de mejor manera la forma que tendrá el protocolo de pruebas.

5.3.5.2. Bases para la elaboración del protocolo

Para la elaboración del protocolo se tomarán en consideración aspectos como:

- Reglamento Fórmula SAE 2017.
- Formatos de protocolos de comprobaciones para vehículos tipo Fórmula.
- Formatos PDI para vehículos en serie.
- Hojas formato de escrutinio e inspección.
- Datos técnicos de elementos para el monoplaza

5.3.5.3. Distribución del contenido

La primera parte del formato mostrado en la figura 5.2 está conformada por:

- El nombre del documento
- El nombre del inspector
- La fecha de la inspección
- El número de la inspección realizada
- El logo de UPS Racing Team
- El conjunto de sistemas del monoplaza

En la segunda parte se describe la codificación y método de diagnóstico a ser usado en el protocolo. Estos códigos se presentan a continuación:

- OK: Este código indica que el componente evaluado se encuentra 100% funcional.
- NA: Este código indica que el componente debe ser revisado para realizar un ajuste o un reemplazo.

En la tabla 5.8 se muestran los métodos de diagnóstico a ser utilizados.

Tabla 5.8. Métodos de diagnóstico del protocolo [20].

Pictograma	Método	Descripción
	Uso de herramientas	Es necesario usar herramientas para realizar el diagnóstico.
	Tacto	Es necesario usar las manos para efectuar el diagnóstico.
	Visual	Únicamente es necesario utilizar la mirada para diagnosticar.
	Auditivo	Es necesario escuchar para realizar el diagnóstico.

La tercera parte está dividida en cinco columnas indicadas a continuación:

- La primera columna es designada para la calificación del componente.
- La segunda columna presentará la lista de los componentes principales según el sistema evaluado.
- La tercera columna describe la verificación a realizarse en cada componente
- La cuarta columna indica el método de diagnóstico a utilizarse durante la inspección.
- La quinta columna se utilizará para escribir comentarios u observaciones acerca del componente.

5.3.5.4. Clasificación de los sistemas del vehículo

Para el desarrollo del protocolo de comprobaciones se utilizará la información del capítulo cuatro, procediendo a clasificar al vehículo en sistemas, los cuales se nombran a continuación:

SISTEMAS MECÁNICOS

- Sistema de dirección
- Sistema de suspensión
- Sistema de frenos
- Sistema de transmisión y motor
- Carrocería y chasis
- Ergonomía

SISTEMA ELÉCTRICO

- Sistema eléctrico de bajo voltaje

5.3.5.5. Fases del protocolo

Para lograr un proceso de inspección ordenado y seguro se clasificó a todos los componentes por fases, las cuales se nombrarán a continuación:

- FASE 1: El vehículo deberá permanecer estático, con sus neumáticos sobre la calzada, y desmontada la nariz de la carrocería y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados
- FASE 2: El vehículo deberá estar embancado y con los neumáticos removidos y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados.
- FASE 3: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje activados
- FASE 4: El vehículo deberá estar estático, con sus neumáticos colocados, desbancado, montada la nariz de la carrocería y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados.

La clasificación por fases se realizó con el objetivo de que los inspectores logren visualizar de mejor manera los componentes, garantizando así que el proceso de inspección sea eficiente.

5.3.6. Elaboración del protocolo de pruebas

A continuación se muestra el formato de protocolo desarrollado para el presente proyecto técnico.

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO SISTEMAS DEL VEHÍCULO



Inspector:

Fecha dd/mm/aaaa:

Número de revisión:

Complete el check list con los siguientes códigos: OK= Correcto NA= No aprueba

Método de diagnóstico:	Visual	Auditivo	Tacto	Uso de herramienta
------------------------	--------	----------	-------	--------------------

FASE 1: El vehículo deberá permanecer estático, con sus neumáticos sobre la calzada, desmontada la nariz de la carrocería y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.

Código	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LAS COMPROBACIONES	Método	INSPECTOR
--------	----------------------------	---	--------	-----------

OK	NA	Sistema de chasis	Parámetros	Método	Comentarios
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chasis/tubos	Verificar que no existan deformaciones.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Atenuador de impactos	Verificar la fijación de la superficie de contacto con el chasis.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Atenuador de impactos	Verificar el estado físico de su superficie.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Carrocería	Verificar la existencia de cauchos aislantes que protejan la zona de alto voltaje.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Carrocería	Verificar el estado de los adhesivos.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Número de identificación	Comprobar la existencia en tres lugares distintos del monoplaça.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cámara de video	Verificar que tenga mínimo dos puntos de anclaje.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Piso del vehículo	Verificar que no exista espacios descubiertos en toda la superficie.		

OK	NA	Sistema de dirección	Parámetros	Método	Comentarios
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volante	Verificar el estado físico de la superficie y manguetas.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Quick release	Verificar el estado físico del resorte y el estriado.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Columna de la dirección	Verificar la fijación del volante a la columna de la dirección.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Columna de la dirección	Verificar la fijación del alojamiento del rodamiento al chasis.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Brazos de fibra de carbono	Verificar el estado físico y su posible delaminación.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Terminales	Comprobar la existencia de holguras en cada rótula.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pernos de los brazos - manguetas	Verificar las marcas de aplicación de torque.		

OK	NA	Sistema de seguridad	Parámetros	Método	Comentarios
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón de seguridad	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cinturón de seguridad	Verificar todos los puntos de anclaje.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Casco	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Traje del piloto	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.		

2 de 6

1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Protector de cara y cabello	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zapatos	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Guantes	Verificar la fecha de caducidad / estado físico.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asiento	Verificar su estado físico.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asiento	Verificar que todos los puntos de anclaje estén asegurados.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reposacabezas	Verificar la sujeción en el chasis y su estado físico.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Firewall	Comprobar que toda la superficie este completamente aislada.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Extintor	Verificar la fecha de caducidad y presión.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Espojas protectoras de la barra de la dirección	Verificar su presencia y estado físico.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Espojas protectoras del arco principal	Verificar su presencia y estado físico.		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de frenos	Parámetros	Comentarios	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Líquido de frenos	Verificar el nivel de líquido de frenos en el depósito.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Depósito de líquido de frenos	Verificar la sujeción de las placas de soporte del depósito.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cilindros y cañerías	Revisar la existencia de corrosión o roturas.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pedales	Verificar la superficie de contacto del acelerador y freno.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Placa base de pedales	Verificar la sujeción correcta.		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de suspensión	Parámetros	Comentarios	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Anclajes	Verificar las zonas de fijación con el chasis.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Terminales	Verificar las uniones con los brazos.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rodamientos del rocker	Verificar el giro libre, y la producción de ruidos.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rocker	Verificar el estado físico (defomaciones, roturas).		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rocker	Verificar las uniones con los brazos, barra estabilizadora y con el amortiguador.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barra estabilizadora	Acoplamiento correcto.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Amortiguadores	Verificar la correcta calibración (20 hilos).	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muelle	Verificar el estado físico.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Injertos de brazos de suspensión	Verificar el estado físico de la superficie (roturas).		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de transmisión	Parámetros	Comentarios	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Protección de la cadena de transmisión	Verificar la presencia, y que no exista contacto con la cadena.		

1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Semiejes	Comprobar el desplazamiento axial (máximo 1cm).	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Guardapolvos	Revisar el estado físico (rotos).		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Guardapolvos	Verificar el sellado de las bridas.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Depósito del refrigerante	Verificar el nivel del refrigerante.		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema eléctrico de Bajo Voltaje	Parámetros	Comentarios	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Protección del cableado	Verificar el estado físico.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sensor de posición del pedal del acelerador	Verificar la conexión de los cables del sensor.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sensor de posición del pedal del acelerador	Verificar el estado físico del sensor (roturas).		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pedal del acelerador	Verificar el estado de los resortes de retorno.	 	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sensor de posición del pedal del acelerador	Verificar el estado físico de los conectores.		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Suministro del sistema GLV	Verificar en la pantalla LCD el nivel de voltaje de la batería mínimo 12V (abrir el switch de bajo voltaje).		
FASE 2: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de chasis	Parámetros	Comentarios	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fondo plano	Verificar el estado físico (trizaduras, roturas) y sujeción correcta.		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pernos	Verificar la existencia mínima de 2 hilos libres, sus respectivas arandelas y marcas de aplicación de torque.		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de dirección	Parámetros	Comentarios	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volante	Verificar que no exista resistencia excesiva al giro y/o ruidos.	 	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de frenos	Parámetros	Comentarios	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pernos mangueta-mordaza	Verificar que dispongan del mecanismo de bloqueo positivo por cable.	 	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Disco frontal derecho	Verificar el espesor (mínimo 4 mm).		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Disco frontal izquierdo	Verificar el espesor (mínimo 4 mm).		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Disco posterior derecho	Verificar el espesor (mínimo 4 mm).		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Disco posterior izquierdo	Verificar el espesor (mínimo 4 mm).		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mordazas de freno delantero y posterior	Revisar la existencia de los pasadores de sujeción de las pastillas de freno.		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aros	Verificar la existencia de deformaciones, abolladuras o roturas.	 	

OK	NA	Sistema de Transmisión	Parámetros	Comentarios
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Protección del motor	Verificar que contenga la protección sobre el motor. 	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Piñón del motor	Verificar que los dientes estén completos (desgaste).  	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Catalina	Verificar que los dientes estén completos (desgaste).  	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Cadena de transmisión	Verificar el estado físico de la cadena. 	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Motor	Verificar el estado de los anclajes al chasis. 	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Cadena de transmisión	Verificar la lubricación.  	
OK	NA	Sistema eléctrico de bajo voltaje	Parámetros	Comentarios
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Continuidad	Verificar la existencia en los componentes metálicos. 	
FASE 3: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas de bajo y alto voltaje activados.				
Para diagnosticar los componentes marcados con el símbolo (*) es necesario activar el boton de encendido del tablero.				
OK	NA	Sistema eléctrico de bajo voltaje	Parámetros	Comentarios
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Boton de apagado derecho (exterior)	Verificar la funcionalidad con el vehículo encendido.  	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Boton de apagado izquierdo (exterior)	Verificar la funcionalidad con el vehículo encendido.  	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Boton de apagado(cabina)	Verificar la funcionalidad con el vehículo encendido.  	
OK	NA	Sistema de frenos	Parámetros	Comentarios
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Luz de freno *	Verificar el encendido al presiona el pedal. 	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Calibración del pedal *	Verificar el desplazamiento libre en el pedal (7 a 9 mm). 	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Cañerías *	Verificar fugas del líquido de frenos. 	
OK	NA	Sistema de transmisión	Parámetros	Comentarios
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Motor *	Verificar fugas en el sistema de refrigeración. 	
FASE 4: El vehículo deberá estar estático, con sus neumáticos colocados, desembancado, montada la nariz de la carrocería y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.				
OK	NA	Sistema de Chasis	Parámetros	Comentarios
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Carrocería	Verificar que no exista contacto con los neumáticos al girar completamente el volante.  	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Carrocería frontal	Verificar las zonas libres entre los neumáticos y la carrocería (75mm). 	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Carrocería posterior	Verificar las zonas libres entre los neumáticos y la carrocería (75mm). 	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Barra estabilizadora	Verificar que no exista contacto con la carrocería. 	

4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Carrocería	Verificar que todos los puntos de anclaje estén asegurados.	 	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sistema de Dirección	Parámetros	Comentarios	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tuercas del aro	Verificar el torque de apriete de 90 N/m.		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumáticos	Verificar el estado de la banda de rodadura (desgaste irregular).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático frontal derecho	Verificar el espesor de la banda de rodadura (mínimo 2 mm).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático frontal izquierdo	Verificar el espesor de la banda de rodadura (mínimo 2 mm).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático posterior derecho	Verificar el espesor de la banda de rodadura (mínimo 2 mm).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático posterior izquierdo	Verificar el espesor de la banda de rodadura (mínimo 2 mm).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático frontal derecho	Verificar la presión de inflado (máximo 40 PSI).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático frontal izquierdo	Verificar la presión de inflado (máximo 40 PSI).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático posterior derecho	Verificar la presión de inflado (máximo 40 PSI).		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Neumático posterior izquierdo	Verificar la presión de inflado (máximo 40 PSI).		
COMENTARIOS FINALES						
<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						

Figura 5.3. Protocolo de pruebas desarrollado [2].

5.3.7. Instrucciones para el uso del protocolo de pruebas

El formato del protocolo desarrollado cuenta con una página de instrucciones colocada al inicio para el uso del mismo, en el cual se encuentra información relevante para el proceso de inspección.

El instructivo tiene como finalidad indicar cuales son los recursos necesarios para la inspección, así como también pretende garantizar la seguridad de los inspectores e indicar el manejo correcto del protocolo. A continuación se muestran los recursos necesarios para efectuar la inspección:

Herramientas y equipos:

- Juego básico de herramientas de mano: llaves, dados y palanca de fuerza
- Cuatro embarcadores
- Gato hidráulico
- Medidor de presión de aire
- Llave dinamométrica
- Quick Jack
- Calibrador
- Multímetro
- Lámpara de iluminación

Materiales e insumos:

- Paño de microfibra
- Protocolo
- Esferográfico

Equipo de seguridad:

- Extintor
- Equipo de protección personal: overol o mandil, gafas y guantes
- Ambiente de trabajo iluminado
- Área mínima de trabajo (6 x 3,5m)

Para el desarrollo de la inspección es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. La inspección deberá ser realizada por dos personas.
2. El tiempo necesario para el desarrollo de la inspección es de aproximadamente 90 minutos.
3. El protocolo deberá ser implementado en cuatro distintas fases indicadas a continuación:
 - Fase 1: El vehículo deberá permanecer estático, con sus neumáticos sobre la calzada, y desmontada la nariz de la carrocería y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.
 - Fase 2: El vehículo deberá estar embancado y con los neumáticos removidos y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.
 - Fase 3: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas de bajo y alto voltaje activados
 - Fase 4: El vehículo deberá estar estático, con sus neumáticos colocados, desbancado, montada la nariz de la carrocería y con los sistemas de bajo y alto voltaje desactivados.

En la fase 1 se revisarán todos los componentes que están marcados con el número “1” en el protocolo. De igual manera en las fases 2, 3 y 4 se revisarán los componentes con el número “2”, “3” y “4” respectivamente.



ADVERTENCIA: El orden en el que deben ser activados los sistemas es el siguiente: primero debe ser activado el sistema de bajo voltaje y luego el sistema de alto voltaje. Para el desactivado proceda de manera inversa al activado.

NOTA: El protocolo debe ser aplicado estrictamente en el orden detallado anteriormente.

5.3.8. Evaluación del vehículo con el protocolo desarrollado

Siguiendo las indicaciones propuestas en el protocolo de pruebas desarrollado para el presente proyecto técnico, se inició con la obtención de los recursos necesarios para el proceso de inspección, véase figura 5.4.



Figura 5.4. Recursos necesarios para la inspección del vehículo [2].

A continuación se procedió a la aplicación del protocolo de pruebas en el vehículo Formula SAE Eléctrico 2017.

La primera etapa conocida como Fase 1 consiste en evaluar todos los componentes marcados con el número 1 en el protocolo. Esta fase tiene la siguiente recomendación: El vehículo deberá permanecer estático, con sus neumáticos sobre la calzada, desmontada la nariz de la carrocería y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados. En la figura 5.5, se muestra la posición del vehículo en esta fase.



Figura 5.5. Posición del vehículo para la fase 1 [2].

La segunda etapa conocida como Fase 2 consiste en evaluar todos los componentes marcados con el número 2 en el protocolo. Esta fase tiene la siguiente recomendación: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados. En la figura 5.6, se muestra la posición del vehículo en esta fase.

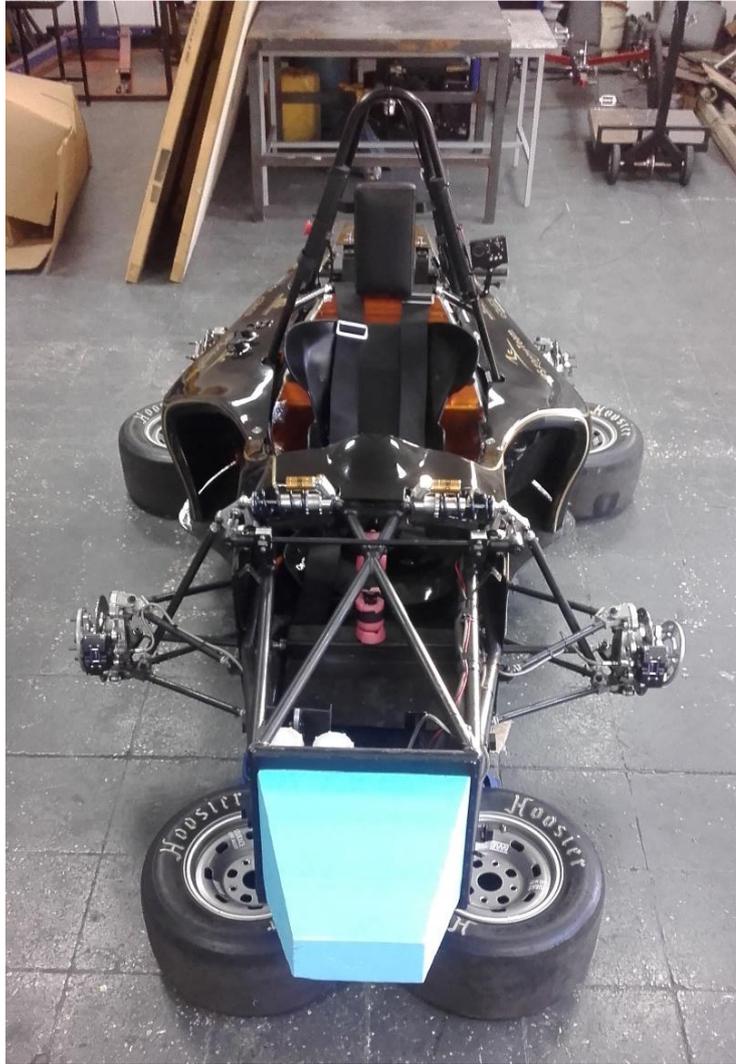


Figura 5.6. Posición del vehículo para la fase 2 [2].

La tercera etapa conocida como fase 3 consiste en evaluar todos los componentes marcados con el número 3 en el protocolo. Esta fase tiene la siguiente recomendación: El vehículo deberá estar embancado, con los neumáticos removidos y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje activados. En la figura 5.7, se muestra la posición del vehículo en esta fase.



Figura 5.7. Posición del vehículo para la fase 3 [2].

Finalmente la cuarta etapa conocida como fase 4 consiste en evaluar todos los componentes marcados con el número 4 en el protocolo. Esta fase tiene la siguiente recomendación: El vehículo deberá estar estático, con sus neumáticos colocados, desbancado, montada la nariz de la carrocería y con los sistemas eléctricos de bajo y alto voltaje desactivados. En la figura 5.8, se muestra la posición del vehículo en esta fase.



Figura 5.8. Posición del vehículo para la fase 4 [2].

5.3.8.1. Desarrollo de una encuesta para evaluar el protocolo

Con la finalidad de verificar la utilidad del protocolo de pruebas elaborado se desarrolló una encuesta, la misma que consta de seis preguntas detalladas a continuación:

PREGUNTA 1

¿Considera usted que el formato del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

PREGUNTA 2

¿Considera usted que dos personas son suficientes para utilizar el protocolo?

PREGUNTA 3

¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

PREGUNTA 4

¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

PREGUNTA 5

¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

PREGUNTA 6

¿Considera usted que el proceso de inspección del vehículo garantiza la seguridad de los inspectores?

La encuesta está formada por seis preguntas cerradas las cuales ayudarán a obtener rápidos resultados respecto a la experiencia de las personas encuestadas. Éstas se presentan en el Anexo 1.

5.4. Resumen

Este capítulo inició con la implementación de una metodología para el desarrollo del protocolo de comprobaciones para el monoplaça. Después, haciendo uso de la información del capítulo cuatro se procedió a elaborar el formato de diagnóstico, en el cual se describieron los parámetros que deben cumplir cada uno de los elementos que componen un sistema para su correcto funcionamiento. Para la elaboración del protocolo se realizó un modelado esquemático de un formato de diagnóstico, en el cual se describió la ubicación de cada una de las partes que conforman un formato de comprobaciones. Seguidamente se presenta el protocolo ya desarrollado, el mismo que se implementó en el vehículo Formula SAE 2017. Finalmente se plantean unas preguntas que serán utilizadas en una encuesta para conocer la experiencia de los inspectores técnicos al utilizar el protocolo de pruebas realizado.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Introducción

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos a partir de la implementación del protocolo de comprobaciones que fue desarrollado en el capítulo cinco. Además, se comprobará que el uso del protocolo sea factible, legible, aplicable y ordenado para diagnosticar los sistemas del monoplaza en el vehículo Fórmula Sae Eléctrico 2017.

6.2. Componentes de los sistemas del vehículo

En la tabla 6.1 se muestra el número de ítems que se verificó en cada uno de los sistemas del vehículo, la misma que da un total de 93 componentes revisados.

Tabla 6.1. Resultados obtenidos de la elaboración del protocolo [2].

SISTEMAS DEL VEHÍCULO	NÚMERO DE ÍTEMS
Chasis y carrocería	15
Sistema de suspensión	9
Sistema de dirección	18
Sistema de frenos	15
Sistema de transmisión y motor	12
Seguridad	14
Sistema eléctrico de bajo voltaje	10
TOTAL	93

6.3. Fases del protocolo

La tabla 6.2 muestra el tiempo de duración de inspección de cada una de las fases del protocolo.

Tabla 6.2. Resultados obtenidos de la implementación del protocolo [2].

Fases del protocolo	Número de ítems	Tiempo de diagnóstico (min)
Fase 1	54	50
Fase 2	17	15
Fase 3	7	10
Fase 4	15	15
TOTAL	93	90

El protocolo de pruebas está compuesto por 93 ítems a ser evaluados, los cuales están divididos por sistemas. Además, para lograr un proceso de revisión ordenado se dividió la inspección en fases, de las cuales se obtuvo la siguiente información:

- Fase 1 consta de 54 ítems a ser inspeccionados. Ésta fase tuvo un tiempo de revisión de cincuenta minutos.
- Fase 2 consta de 17 ítems a ser inspeccionados. Ésta fase tuvo un tiempo de revisión de quince minutos.
- Fase 3 consta de 7 ítems a ser inspeccionados. Ésta fase tuvo un tiempo de revisión de diez minutos.
- Fase 4 consta de 15 ítems a ser inspeccionados. Ésta fase tuvo un tiempo de revisión de quince minutos.

El tiempo necesario para implementar el protocolo de pruebas fue de 1h30 min (90 minutos), lo cual da a entender que el proceso de inspección es de aproximadamente un minuto por cada ítem.

6.4. Implementación de encuesta

Para corroborar que el diseño y el orden del formato desarrollado sean útiles, se implementó la encuesta que fue desarrollada al final del capítulo cinco a miembros del equipo UPS Racing Team, así como a docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla 6.3.

Tabla 6.3. Resultados de la encuesta planteada [2].

BANCO DE PREGUNTAS PLANTEADAS	RESPUESTA AFIRMATIVA	RESPUESTA NEGATIVA
¿Considera usted que la información del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?	5	0
¿Considera usted que dos personas son suficientes para utilizar el protocolo?	4	1
¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?	5	0
¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?	5	0
¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?	5	0
¿Considera usted que el proceso de inspección del vehículo garantiza la seguridad de los inspectores?	5	0
TOTAL	29	1

En la tabla 6.3, se observa que el 96% de las respuestas presentadas en la encuesta fueron afirmativas mientras que el 4 % fueron negativas, lo que indica que el protocolo es comprensible y fácilmente aplicable.

7. CONCLUSIONES

Los objetivos del proyecto técnico “DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA EL VEHÍCULO FÓRMULA SAE ELÉCTRICO 2017”, se cumplieron de manera satisfactoria, ya que se logró un proceso de inspección eficiente.

Con la implementación del protocolo de comprobaciones elaborado, se optimizaron los tiempos de evaluación en cada sistema, de manera que la localización de fallos en los componentes fue factible.

El protocolo de comprobaciones desarrollado cuenta con 93 componentes a ser inspeccionados en el vehículo FSAE EB 2017, los mismos que fueron revisados en un tiempo aproximado de 90 minutos.

Mediante los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta se comprobó que el protocolo de pruebas desarrollado para el vehículo formula SAE eléctrico EB2017, es comprensible y aplicable.

Con la clasificación de los componentes mecánicos y eléctricos por fases se logró que el proceso de revisión sea ordenado, así también se garantiza la integridad física de los inspectores.

Con el desarrollo del presente proyecto técnico se deja un precedente con respecto a los puntos específicos en el vehículo a diagnosticar, garantizando así una correcta interpretación y conocimiento general del monoplace.

8. RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo del protocolo en este proyecto técnico es necesario que se desarrolle un protocolo de pruebas para el sistema eléctrico de alto voltaje.

La aplicación de los formatos elaborados para cada sistema del vehículo se debe realizar meses antes de que se realice la competencia, con el fin de poder detectar y corregir a tiempo cualquier suceso imprevisto en el vehículo.

Es importante verificar que el protocolo elaborado en el presente proyecto técnico cumpla con el reglamento Formula Student, ya que año tras año éste es modificado así como también varía dependiendo el lugar en que se quiera participar en la competencia.

Es obligatorio que los inspectores lean la hoja de instrucciones previo a la inspección en el vehículo para el uso correcto del protocolo, de esta manera se garantizará su integridad física.

Se recomienda que a futuro se incluyan comprobaciones dinámicas en el protocolo de pruebas, con el fin de evaluar que los componentes funcionen correctamente al estar el vehículo en movimiento.

Si al aplicar el protocolo de pruebas en el vehículo se descubren fallas se recomienda corregirlas, y es preciso que nuevamente se proceda a evaluar el sistema con el objeto de comprobar que las mismas hayan sido eliminadas.

Se recomienda que cuando sea necesario reemplazar componentes averiados de un sistema, estos sean del mismo tipo, marca y modelo que sus predecesores ya que el protocolo está elaborado para evaluar tales elementos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Norman, «DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO FORMULA SAE UNAM,» Mexico, 2011.
- [2] Autores, *Recopilación*, Cuenca, 2017.
- [3] «FORMULA SAE,» [En línea]. Available: <http://www.fsaeonline.com/content/2017-18%20FSAE%20Rules%209.2.16a.pdf>. [Último acceso: 2017 06 29].
- [4] «Tecnum Seed Racing,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/01prueba00001/tsr16/frame-body>. [Último acceso: 18 10 2017].
- [5] «www.iit.upcomillas.es,» junio 2006. [En línea]. Available: <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/449badbade7b4.pdf>. [Último acceso: 10 06 2017].
- [6] «repositorio.educacionsuperior.gob.ec,» 09 06 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/512/1/T-SENESCYT-0323.pdf>.
- [7] «Muellescrom,» [En línea]. Available: <https://www.muellescrom.es/es/productos/muelles-de-compresion>. [Último acceso: 12 09 2017].
- [8] J. F. Esteban José Dominguez, *Sistemas de transmision y Frenado*, Madrid: Editex, S. A., 2012.
- [9] «Autocación,» [En línea]. Available: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/como-funciona-la-traccion-total>. [Último acceso: 20 10 2017].
- [10] S. Chuquimarca, «Electrical System Form FS2017,» Cuenca, 2017.
- [11] «Universidad Politécnica de Madrid,» [En línea]. Available: http://oa.upm.es/33616/1/PFC_MAURO_BOTELLA_MOMPO.pdf. [Último acceso: 20 10 2017].
- [12] «OMP,» [En línea]. Available: http://www.ompracing.com/en_gb/car-kart-parts/safety-harnesses/802f-44849.html. [Último acceso: 22 08 2017].
- [13] «donaldiaz.wordpress,» [En línea]. Available: <https://donaldiaz.wordpress.com/2016/08/26/internet/>. [Último acceso: 10 10 2017].
- [14] «EUR-Lex.europa.eu,» [En línea]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM%3A2000%3A0743%3AFIN%3AES%3APDF>. [Último acceso: 16 10 2017].
- [15] «nadaguides,» [En línea]. Available: <http://www.nadaguides.com/Cars/Certified-Pre-Owned/pdf/Mercedes-Benz-CPO-pt-inspection-checklist.pdf>. [Último acceso: 8 Septiembre 2017].
- [16] «FREIGHTLINER,» [En línea]. Available: <https://freightliner.com/>. [Último acceso: 07 09 2017].
- [17] «fsaeonline,» [En línea]. Available: <http://www.fsaeonline.com/content/2016%20Electric%20Tech%20Form%20draft.pdf>. [Último acceso: 07 09 2017].

- [18] «fsaeonline,» [En línea]. Available: <https://www.fsaeonline.com/content/2017-FSAE-Tech-Form.pdf>. [Último acceso: 07 09 2017].
- [19] T. E. Alarcon J, «dspace,» [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13641/1/UPS-CT006932.pdf>. [Último acceso: 28 08 2017].
- [20] «freepik,» [En línea]. Available: https://www.freepik.es/index.php?goto=2&searchform=1&k=usar%20del%20o%20ido&type=&is_selection=0&is_premium=0&color=&order=2. [Último acceso: 18 10 2017].

10. ANEXOS

ENCUESTA

Nombre:.....*Ingr. Diego Urdiles*.....

Fecha:.....*10/10/2017*.....

La siguiente encuesta tiene el objetivo de determinar que el protocolo de pruebas sea útil y sencillo al aplicarlo en el vehículo.

PREGUNTAS

1. ¿Considera usted que la información del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

SI NO

2. ¿Considera usted que dos personas son suficientes para utilizar el protocolo?

SI NO

3. ¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

SI NO

4. ¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

SI NO

5. ¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

SI NO

Comentarios finales

.....
.....
.....
.....

Firma.....*Diego Urdiles*.....

C.I: *0104431374*.....

ENCUESTA

Nombre: Javier Belduma.....

Fecha: 9/10/2017.....

La siguiente encuesta tiene el objetivo de determinar que el protocolo de pruebas sea útil y sencillo al aplicarlo en el vehículo.

PREGUNTAS

1. ¿Considera usted que el formato del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

SI NO

2. ¿Considera usted que dos inspectores son suficientes para utilizar el protocolo?

SI NO

3. ¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

SI NO

4. ¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

SI NO

5. ¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

SI NO

6. ¿Considera usted que el proceso de inspección del vehículo garantiza la seguridad de los inspectores?

SI NO

Comentarios finales

.....
.....
.....
.....

Firma: .....

C.I: 0106151327.....

ENCUESTA

Nombre: Luis Montalvo.....

Fecha: 11/10/2017.....

La siguiente encuesta tiene el objetivo de determinar que el protocolo de pruebas sea útil y sencillo al aplicarlo en el vehículo.

PREGUNTAS

1. ¿Considera usted que el formato del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

2. ¿Considera usted que dos inspectores son suficientes para utilizar el protocolo?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

3. ¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

4. ¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

5. ¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

6. ¿Considera usted que el proceso de inspección del vehículo garantiza la seguridad de los inspectores?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

Comentarios finales

.....
.....
.....
.....

Firma: Luis Montalvo.....

C.I.: 0105592935.....

ENCUESTA

Nombre: *Vicente C. Chaves*

Fecha: *11/10/2017*

La siguiente encuesta tiene el objetivo de determinar que el protocolo de pruebas sea útil y sencillo al aplicarlo en el vehículo.

PREGUNTAS

1. ¿Considera usted que la información del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

SI NO

2. ¿Considera usted que dos personas son suficientes para utilizar el protocolo?

SI NO

3. ¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

SI NO

4. ¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

SI NO

5. ¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

SI NO

Comentarios finales

.....
.....
.....
.....

Firma: *[Signature]*

C.I: *1.7052.360.36*

ENCUESTA

Nombre: Wilmer Contreras Fecha: 11-Oct-2017

La siguiente encuesta tiene el objetivo de determinar que el protocolo de pruebas sea útil y sencillo al aplicarlo en el vehículo.

PREGUNTAS

1. ¿Considera usted que la información del protocolo presentado es comprensible y fácilmente aplicable?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

2. ¿Considera usted que dos personas son suficientes para utilizar el protocolo?

SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	-------------------------------------

3. ¿Considera usted que el orden de los componentes a ser evaluados es el correcto?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

4. ¿Considera usted que el tiempo dado para la aplicación del protocolo es suficiente?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

5. ¿Considera usted que los componentes presentados en el protocolo es necesario evaluarlos?

SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

Comentarios finales

.....
.....
.....
.....

Firma: 

C.I: 010446332-8