



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE PROPULSIÓN
ELÉCTRICO DE UN PROTOTIPO PARA LA COMPETENCIA
ECO SHELL MARATHON”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JAIME PATRICIO MOROCHO GANZHI

JOSÉ FRANCISCO RIVERA ALTAMIRANO

DIRECTOR: ING. JORGE MAURICIO NEJER GUERRERO

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Jaime Patricio Morocho Ganzhi; José Francisco Rivera Altamirano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Jaime Patricio Morocho Ganzhi y José Francisco Rivera Altamirano, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 27 de enero de 2020



Jaime Patricio Morocho Ganzhi

CI: 0302539523



José Francisco Rivera Altamirano

CI: 0605069731

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: propuesta tecnológica, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO DE UN PROTOTIPO PARA LA COMPETENCIA ECO SHELL MARATHON**”, realizado por los señores: **JAIME PATRICIO MOROCHO GANZHI Y JOSÉ FRANCISCO RIVERA ALTAMIRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2020-01-27
Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2020-01-27
Ing. Johnny M. Pancha Ramos MIEMBRO DE TRIBUNAL		2020-01-27

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo de investigación a mis padres Angelino Morocho, María Ganzhi quienes fueron pilar fundamental, apoyándome siempre incondicionalmente en estos años de estudio permitiendo cumplir una meta más en mi vida profesional para crecer y desarrollar como persona de valores y principios.

A mi familia y personas quienes me apoyaron en con sus conocimientos permitiendo que este trabajo tenga éxito.

Jaime Patricio Morocho Ganzhi

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerzas para continuar en mi formación profesional y por obtener uno de mis anhelos más deseados.

También, lo dedico a mis padres que gracias a su amor, trabajo y sacrificio he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy hoy en día.

A mi esposa por ser el camino que ilumina mi vida, que gracias a su apoyo alcance de mejor manera mi meta propuesta.

Orgullosamente y con la cara muy en alto les agradezco de corazón les dedico este trabajo de titulación a ustedes que son las personas que admiro y respeto.

José Francisco Rivera Altamirano

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me ha dado vida y sabiduría necesaria para convertirme en un profesional, a mis padres, mi hermano y mi abuela Rosario por brindar el apoyo incondicional, amor, paciencia, unión, perseverancia, dedicación, ejemplo y humildad lo que me permitió terminar mi proyecto de investigación.

A mis profesores, compañeros y miembros del equipo Eco-Kuntur, por el apoyo y la ayuda brindada en este trabajo de investigación.

Jaime Patricio Morocho Ganzhi

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, si lo es, pero no creo que sea el único legado que mis padres me dejen, ellos me han enseñado trazar mi camino con mi propio esfuerzo y caminar con mis propios pies.

Por esa razón quiero utilizar este espacio para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, los cuales merecen un reconocimiento especial.

Priorizando especialmente a mis Padres, por ser el pilar fundamental en este logro. Ellos han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, lo que me ayudo a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo incondicional suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron a lo largo de este camino.

Gracias padre Galo Rivera y madre Marcela Altamirano.

José Francisco Rivera Altamirano

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivo General.....	5
1.5. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Alcance.....	5
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. <i>El shell eco-marathon</i>	6
2.1.2. <i>Clases de vehículos y categorías de energía</i>	6
2.1.3. <i>Tipos de competencia</i>	6
3.1.1.1. <i>Shell Eco-Marathon reto de Kilometraje</i>	6
3.1.1.2. <i>Campeonato Mundial de Pilotos Eco-maratón de Shell</i>	7
2.1.4. <i>Inspección técnica</i>	7
2.2. Sistema de propulsión.....	7
2.3. Vehículo eléctrico.....	7
2.4. Elementos principales que componen el tren de propulsión eléctrico.....	8
2.4.1. <i>Motor eléctrico</i>	8

3.1.1.3. <i>Motor brushless</i>	8
2.4.2. <i>Baterías</i>	9
2.4.2.1. <i>Las baterías se clasifican en:</i>	9
2.4.3. <i>Sistema de transmisión de movimiento</i>	10
CAPÍTULO III	
3. METODOLOGÍA	11
3.2. Procedimientos de diseño	11
3.3. Reconocimiento de las necesidades.	12
3.3.1. <i>Equipos</i>	12
3.3.1.1. <i>Establecer Requerimientos de Diseño para la Competencia Eco Shell Marathon</i>	12
3.3.1.2. <i>Conceptualización.</i>	12
3.3.1.3. <i>Análisis Comparativo de Selección</i>	13
3.3.1.4. <i>Análisis de funcionalidad.</i>	20
3.3.1.5. <i>Resultados de Selección.</i>	21
3.3.1.6. <i>Implementación</i>	25
3.3.2. <i>Estrategias de Conducción.</i>	28
3.4. Evaluación de Equipos y Estrategias.	28
3.4.1. <i>Práctica experimental</i>	29
3.4.1.1. <i>Ensayo N° 01: Pista A aplicando estrategia 01.</i>	31
3.4.1.2. <i>Ensayo N° 02: Pista A aplicando estrategia 02.</i>	33
3.4.1.3. <i>Ensayo N° 03: Pista B aplicando estrategia 01.</i>	35
3.4.1.4. <i>Ensayo N° 04: Pista B aplicando estrategia 02.</i>	37
3.4.2. <i>Análisis de Resultados.</i>	39
3.4.2.1. <i>Análisis de la estrategia</i>	39
3.4.2.2. <i>Análisis de la eficiencia del prototipo de vehículo eléctrico.</i>	45
CAPÍTULO IV	
4. GESTIÓN DEL PROYECTO	47
4.1. Cronograma	47
4.2. Recursos en la adquisición de quipos.	47

CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Criterios de Evaluación	13
Tabla 2-3: Evaluación del peso específico de cada criterio para el motor.	14
Tabla 3-3: Evaluación del peso específico del criterio potencia de salida del motor.	14
Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del motor.	15
Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio velocidad del motor.	15
Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio peso del motor.....	15
Tabla 7-3: Evaluación del peso específico del criterio precio del motor.	16
Tabla 8-3: Tabla de conclusión de prioridad del motor.	16
Tabla 9-3: Evaluación del peso específico de cada criterio del controlador.	17
Tabla 10-3: Evaluación del peso específico del criterio peso del controlador.....	17
Tabla 11-3: Evaluación del peso específico del criterio tensión nominal del controlador.....	17
Tabla 12-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del controlador.....	18
Tabla 13-3: Evaluación del peso específico del criterio precio del controlador	18
Tabla 14-3:: Tabla de conclusión de prioridad del controlador.	18
Tabla 15-3: Evaluación del peso específico de cada criterio de la batería.....	19
Tabla 16-3: Evaluación del peso específico del criterio peso de la batería.....	19
Tabla 17-3: Evaluación del peso específico del criterio voltaje de la batería.	19
Tabla 18-3: Evaluación del peso específico del criterio descarga de la batería.	20
Tabla 19-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia de precio de la batería.....	20
Tabla 20-3: Tabla de conclusión de prioridad de las baterías.	20
Tabla 21-3: Datos técnicos del Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w.....	22
Tabla 22-3: Datos técnicos del controlador.	23
Tabla 23-3: Datos técnicos del paquete de Baterías Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90).....	25
Tabla 24-3: Mediciones de voltaje inicial, final e intensidad de corriente con aceleración lenta del motor.....	29
Tabla 25-3: Mediciones de voltaje inicial, final e intensidad de corriente con aceleración súbita del motor.....	29
Tabla 26-3: Datos promedios para cada tiempo del ensayo N° 01: Pista A aplicando estrategia 01.	31
Tabla 27-3: Datos promedios para cada tiempo del ensayo N° 02: Pista A aplicando estrategia 02.	34
Tabla 28-3: Datos promedios para cada tiempo de la Ensayo N° 03: Pista B aplicando estrategia 01.	36

Tabla 29-3: Datos promedios para cada tiempo de la Ensayo N° 04: Pista B aplicando estrategia 02.....	38
Tabla 1-4: Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto de tesis	47
Tabla 2-4: Gastos directos.....	48
Tabla 3-4: Gastos Indirectos	48
Tabla 4-4: Gastos Totales	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Motor brushless.....	8
Figura 2-2: Batería ion-litio	9
Figura 3-2: Transmisión por cadena	10
Figura 1-3: Flujograma del procedimiento de Diseño	11
Figura 2-3: Movimiento del motor transmitido mediante cadena.....	13
Figura 3-3: Diagrama mecánico	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Conclusión de la prioridad de alternativas con respecto al motor.	21
Gráfico 2-3: Conclusión de la prioridad alternativas de controlador.	23
Gráfico 3-3: Turnigy Heavy Duty 5000mAh 7S 60C Lipo Pack w/XT90	24
Gráfico 4-3: Distancia vs Energía experimental, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista A.	32
Gráfico 5-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista A.	33
Gráfico 6-3: Distancia vs Energía experimental, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista A.	34
Gráfico 7-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista A.	35
Gráfico 8-3: Distancia vs Energía Experimental, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista B.	36
Gráfico 9-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista B.	37
Gráfico 10-3: Distancia vs Energía Experimental, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista B.	38
Gráfico 11-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista B.	39
Gráfico 12-3: Diagrama del análisis de resultados.	40
Gráfico 13-3: Comparación de Estrategia 01 y estrategia 02 de conducción en la Pista A.	40
Gráfico 14-3: Comparación de Estrategia 01 y estrategia 02 de conducción en la Pista B.	41
Gráfico 15-3: Comparación de la relación distancia con la energía en [km/kW.h] de las estrategias de conducción en la Pista A.	42
Gráfico 16-3: Comparación de la relación distancia con la energía en [km/kW.h] de las estrategias de conducción en la Pista B.	43
Gráfico 17-3: Comparación de energía consumida en 6,584 Km en las estrategias de conducción en la Pista A.	44
Gráfico 18-3: Comparación de energía consumida en 6,584 Km en las estrategias de conducción en la Pista B.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Trazado De La Pista, Brasil 2019
- Anexo B:** Sello Aprobación De Inspección De Seguridad Y De Seguridad 2018 -2019 Respectivamente.
- Anexo C:** Foto Oficial Del Equipo Que Represento A La Espoch En La Pasada Shell Eco Marathon Brasil 2019
- Anexo D:** Programación Para Placa De Adquisición De Datos En El Arduino
- Anexo F:** Datasheet De LCD 16X2
- Anexo G:** Arduino Nano CH 310
- Anexo H:** Datasheet Sensor De Corriente ASC 712 (30 AMPERIOS)
- Anexo I:** Reglas Eco-Sell Marathon 2020

RESUMEN

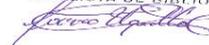
En este presente proyecto de tesis el objetivo principal se fundamentó en diseñar e implementar un tren de propulsión eléctrico para un prototipo de vehículo y posteriormente conseguir una técnica adecuada de conducción, donde hombre y maquina se junten para lograr una participación eficiente en la competencia Eco Shell Marathon. Bajo este contexto la metodología se regió al reconocimiento de necesidades como: equipos y estrategias de conducción. Por tanto, para la selección de equipos se aplicó la técnica de método ordinal corregido de criterios ponderados, dando como resultados: un motor Brushed Speed WPHMOTO 48v 1000w, con una puntuación de treinta y seis por ciento; Un Driver Acelerador TDPRO YK31C, con una prioridad de cuarenta por ciento y Baterías Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90), con una prioridad de cuarenta y cuatro por ciento, de tres posibles opciones para cada uno de ellos. Posterior a la implementación de equipos, se procede a las practicas experimentales de cuatro tipos de ensayos. En cuyo análisis de resultados al contrastar los dos primeros ensayos realizados sobre la pista inclinada cero grados, revela que el Ensayo 01 el vehículo recorre 35,056 km por cada kW.h, mientras que en el Ensayo 02 el recorrido es de 37,466 km por cada kW.h. Para el caso del Ensayo 03 y 04, realizados sobre la pista con una inclinación de dos grados, los coeficientes de la relación entre distancia recorrida y energía consumida son: 34,279 km/kW.h y 42,219 km/kW.h respectivamente. En tal virtud la relación distancia recorrida y energía consumida presenta datos favorables al aplicar la estrategia de conducción basada en dar impulsos mediante el acelerador al disminuir la velocidad en los dos tipos de pistas.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LA INGENIERÍA>, <VEHÍCULO ELÉCTRICO>, <TREN DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO>, <EFICIENCIA ENERGÉTICA>, <GESTIÓN DE ENERGÍA>, <CARRERA ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE>, <BATERÍAS DE IONES DE LITIO>.

REVISADO

21 ENE 2020

Ing. Jhonatan Parreño Uquillas, MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA



ABSTRACT

The main objective of this thesis project focused on designing and implementing an electric propulsion train for a vehicle prototype and subsequently achieving an adequate driving technique, where man and machine come together to achieve an efficient participation in the Eco Shell Marathon competition. In this context, the methodology sought to identify needs such as: equipment and driving strategies. Therefore, for the equipment selection, the technique of the ordinal method corrected of weighted criteria was applied, resulting in: a Brushed Speed WPHMOTO 48v 1000w motor with a score of percent; A TDPRO YK31C Accelerator Driver with a 40 percent priority, and Turnigy Graphene Panther Batteries (6000mAh, 6S 75C Lipo with XT90) with a 44 percent priority, from three possible options for each of them. After the equipment implementation, experimental trials of four types of practices were carried out. In the analysis of the results when contrasting the first two practices carried out on the sloping track zero degrees, it is revealed that in Test 01 the vehicle travels 35.056 km per kW.h, while in Test 02 the distance is 37.466 km per each kW.h. In the case of Test 03 and 04 performed on the track with an inclination of two degrees, the coefficients of the relationship between distance traveled and energy consumed are: 34.29 km/kWh and 42.219 km/kW.h respectively. Therefore, the relationship between the distance traveled and energy consumed present favorable data when applying the driving strategy based on giving impulses through the accelerator as the speed of the two types of tracks decreases.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <ELECTRIC VEHICLE>, <ELECTRIC PROPULSION TRAIN>, <ENERGY EFFICIENCY>, <ENERGY MANAGEMENT>, <ENERGY EFFICIENT RACE>, <LITHIUM ION BATTERIES>.



INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la eficiencia energética mediante equipos y el consumo responsable de combustibles se establecen como las bases de un nuevo punto de vista, donde el objetivo es el desarrollo energético sostenible, que no es más que el equilibrio entre la seguridad energética, la equidad social, y la mitigación del impacto ambiental en pro del cuidado del único planeta que tiene la especie humana.

Hoy en la actualidad las fuentes de energía tradicionales se vuelven cada día más limitadas y las normativas de impacto ambiental demandan un cambio en el modelo de consumo energético, perspectivas que apenas inician por una sociedad que luchan por proporcionar una calidad de aire aceptable y niveles de ruido para sus habitantes.

Al mismo tiempo, la urbanización continúa con un gran desarrollo, lo cual conlleva desde el punto de vista de la Ingeniería Automotriz poner en la mira el avance tecnológico de la movilidad y el transporte. Teniendo como enfoque primordial mejorar o desacoplar la demanda de transporte relacionada con el consumo de combustible fósil. Sin embargo, esto solo es posible si la eficiencia del transporte mejora aún más y si se aplican tecnologías de emisiones más bajas en ruido y humos, por ejemplo, vehículos eléctricos, híbridos incluso otras tecnologías como la de hidrogeno o biocombustibles.

Estudios acerca de la contaminación del aire ambiental han revelado datos aproximados de 3.7 millones de muertes prematuras anualmente en todo el mundo y la contaminación del aire por las emisiones del transporte terrestre, plantea un problema significativo en las ciudades (KIM, 2017). Los centros urbanos de América Latina, los vehículos automotores constituyen la causa principal del deterioro de la calidad del aire del medio ambiente. Los vehículos automotores representan el 99% del total de emisiones de CO, el 54% de hidrocarburos y el 70% de NO, en la Ciudad de México; el 96% de CO, el 90% de hidrocarburos, el 97% de NO. y el 86% de SO₂ en São Paulo, y el 94% de CO, el 83% de hidrocarburos y el 85% de NO, en Santiago. La contaminación atmosférica provocada por los vehículos automotores está cobrando proporciones graves en muchos otros centros urbanos de América Latina. (QUENAYA, 2018). A fines del 2019, a emisiones de CO₂ sumaron 7,5 millones de toneladas en el Ecuador, el mismo que se compone en un 52% para vehículos de combustión a diésel y en un 35% al consumo automotores a gasolina y en un 13% pertenece a la industria.

Bajo este contexto algunas compañías impulsan a la comunidad investigativa a encontrar soluciones a las emisiones de vehículos junto con soluciones energéticas más limpias, mediante apoyo financiero a centros de investigación internos o externos y socializan con el entorno mediante concurso, entre uno de ellos Shell Eco-Marathon, competencia de relevancia para el

presente trabajo de investigación, donde los resultados serán comprobados y expuestos en la práctica en la pista de competencia. Eco-Marathon es una competición internacional la misma que incita la innovación y creatividad de estudiantes de todo el mundo con el objetivo construir vehículos eficientes energéticamente. Es por este motivo que este trabajo de titulación se centra en el “Diseño e Implementación del Tren de Propulsión Eléctrico de Un Prototipo para la Competencia Eco Shell Marathon”

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Shell Eco Marathon tiene sus inicios en el año 1939 en los Estados Unidos, los obreros de Shell Oil Company realizaron una apuesta para ver quién podía alcanzar una mayor distancia de recorrido utilizando la misma cantidad de combustible. Desde entonces, la competencia se ha expandido a Europa y Asia, incluye muchos tipos de energía en los cuales pueden participar las unidades educativas de cada continente, abriéndose paso a una competencia de innovación tecnológica y movilidad. (Royal Dutch Shell, 2018)

El proyecto de tesis presente está encaminado a diseñar e implementar un tren de propulsión eléctrico eficiente para reducir el consumo de energía en una batería ion litio para la competencia eco Shell maratón. Bajo este contexto al hablar de diseño en la ingeniería se hace referencia a un proceso de naturaleza iterativa y selección de los resultados que más se acerquen a satisfacer ciertas necesidades predeterminadas.

Para este diseño de ingeniería se combina la aplicación de la creatividad, los conocimientos científicos, técnicos y económicos, teniendo presente varios de los factores de diseño, dentro de los cuales se puede mencionar: economía, fiabilidad, eficiencia, modos de operación, restricciones, función, mantenibilidad y otros, los mismos que son de suma importancia en el proceso de selección de equipos y estrategias de funcionalidad del vehículo.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad los vehículos eléctricos pueden estar triplicando la eficiencia con respecto a los de combustión interna (IZRURZUN, Rodrigo; GARCIA, Felix, 2015).

Debido a eso, se debe considerar que lo más costoso en vehículos eléctricos son las baterías. Por esta razón, debemos cuidar de ellas mediante un uso adecuado, y tener un sistema de control de carga eficiente.

Las baterías de ion litio, son la clave para algunos tipos de vehículos eléctricos, porque de ellas dependen la autonomía y su vida útil en el vehículo. (IBAÑEZ, 2017)

En el trabajo realizado, con la implementación de un tren de propulsión eléctrico con baterías de ion litio para la competencia Eco Shell Maratón, se debe cumplir con una autonomía de 14 vueltas a la pista de la competencia, ahorrando al máximo la energía de las baterías de ion litio, mediante estrategias de conducción adecuadas con las cuales el conductor tomara decisiones en razón de tiempo adecuado para dar un impulso eléctrico al motor logrando un tren motriz eléctrico eficiente para reducir el consumo de batería.

1.3. Justificación

Mejorar la eficiencia energética y promover el ahorro de energía es el reto de una sociedad que apunta a reducir el impacto ambiental y la dependencia de los combustibles fósiles. Atendiendo estas consideraciones se presenta el desarrollo del diseño de vehículos eléctricos, los cuales despliegan numerosos indicadores por investigar que afectan su rendimiento, en los que el de tren motriz, la configuración de componentes y la estrategia de gestión de energía juegan un papel clave. Por este motivo existen compañías que impulsan a la comunidad investigativa mediante apoyo financiero y/o socializan a través de concursos, una de ellas la competencia Shell Eco-Marathon.

A todo ello la motivación principal para desarrollar la presente investigación es el reto que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con el equipo ECO Kuntur ESPOCH conformado por estudiantes y docentes de la Facultad de Mecánica ha asumido al participar en la competencia Shell Eco-Marathon 2018 y 2019, donde han demostrado destrezas de ingeniería y el compromiso con la institución para lograr aprobar las exigentes inspecciones técnicas y de seguridad del prototipo, el mismo requisito primordial para tener acceso a pista con el prototipo; con el mismo compromiso como ECO KUNTUR dejar en alto nuestra participación en el circuito de Sonoma, California Estados Unidos 2020.

El estudio se justifica categóricamente ya que considera investigar y experimentar tres parámetros fundamentales como es el diseño un tren motriz eléctrico, la configuración de los componentes mediante la implementación y posteriormente conseguir una técnica adecuada de conducción que no es otra cosa que inmiscuirse en la estrategia de gestión, con un solo propósito, el de conseguir un bajo consumo de energía y la preservación del estado de la batería.

Por tanto, se pretende que el proyecto de tesis marque un punto de referencia para futuras generaciones de la institución y/o externos, que deseen encaminarse en el campo de la ingeniería automotriz con energías renovable, que está ganando un gran espacio en el mercado, con una mentalidad de eficiencia energética y respetando el medio ambiente.

1.4. Objetivo General

- Diseñar e implementar un tren de propulsión eléctrico eficiente para reducir el consumo de energía en una batería ion litio para la competencia eco Shell maratón.

1.5. Objetivos Específicos

- Optimizar el consumo de energía de una batería ion litio para lograr una mayor autonomía del prototipo.
- Implementar el tren de propulsión eléctrico eficiente para el ahorro de energía en una batería ion litio.
- Elaborar estrategias adecuadas para un máximo ahorro de la energía almacenada en la batería.

1.6. Alcance

El presente proyecto contempla diseño de un prototipo de vehículos eléctrico, los cuales despliegan numerosos indicadores por investigar que afectan su rendimiento, en los que el de tren motriz, la configuración de componentes y la gestión de energía juegan un papel clave. Teniendo como punto de partida las dos participaciones de la Escuela Superior Politécnica e Chimborazo en la competencia Eco Shell Maratón, se cuenta con el conocimiento científico y empírico del nivel y las exigencias de la carrera, base fundamental para el presente trabajo de investigación, los parámetros a investigar son:

- Diseño de un tren motriz eléctrico.
- Implementación de sus componentes
- Con respecto a la gestión de energía, se contrastarán dos estrategias de conducción para cuantificar cuál de ellas es la más eficiente y llegar a la toma de decisiones.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *El shell eco-marathon*

El Shell Eco-Marathon es una competencia patrocinada por Shell para equipos de estudiantes de escuelas secundarias y universidades de todo el mundo, la cual se lleva a cabo anualmente, los equipos participantes construyen vehículos especiales para lograr la mayor eficiencia energética posible (SHELL, 2019).

Shell es una compañía energética internacional líder en la exploración, producción, refinación y comercialización de petróleo y gas natural, y en la fabricación y comercialización de productos químicos. Cuyo propósito principal es impulsar el progreso con soluciones energéticas más limpias, respondiendo al deseo de la sociedad, conveniente y competitiva. Es decir, prosperar en la transición energética hacia un sistema de energía de múltiples fuentes y bajo en carbono (SHELL, 2019).

2.1.2. *Clases de vehículos y categorías de energía*

Hay dos clases de vehículos que los equipos pueden diseñar (SHELL, 2019):

Concepto urbano: vehículos que tienen características familiares de autos de carretera (4 ruedas)

Prototipo: vehículos ultra eficientes y ligeros, generalmente con 3 ruedas.

- Luego pueden elegir el motor, determinando la categoría de energía:
- Motor de combustión interna (gasolina, diesel, etanol)
- Batería eléctrica
- Pila de combustible de hidrógeno

2.1.3. *Tipos de competencia*

2.1.3.1. *Shell Eco-Marathon reto de Kilometraje*

Los equipos compiten con vehículos construidos por estudiantes el objetivo de esta competencia es completar la ruta con la menor cantidad de energía. Hay dos clases de vehículos: Prototipo y

Concepto urbano. Cada clase de vehículo tiene franjas horarias designadas para competir en la pista.

2.1.3.2. Campeonato Mundial de Pilotos Eco-maratón de Shell

Los vehículos de la clase concepto urbano más eficientes energéticamente regresan a la pista para una siguiente carrera. Cada vehículo recibe una cantidad de determinada de energía y debe ser el primer automóvil en cruzar la línea de meta.

2.1.4. Inspección técnica

Además de construir un vehículo eficiente en energía, los equipos también deben completar varias fases de diseño y finalmente pasar la inspección técnica para obtener acceso a la pista. El equipo técnico de Shell Eco-Marathon analiza aspectos críticos de cada vehículo mientras inspecciona las características de seguridad y el cumplimiento de las Reglas Oficiales de Shell Eco-Marathon (SHELL, 2019).

2.2. Sistema de propulsión

El sistema de propulsión o tren motriz de un vehículo convencional como el de un vehículo eléctrico es el mismo para moverse, es decir transmiten energía mecánica a las ruedas y como resultado da el desplazamiento del vehículo. (ROSERO, y otros, 2018 pág. 9)

El tren motriz de cualquier vehículo es el conjunto mecánico que permite la propulsión del vehículo y está constituido por el motor y transmisión. (UGAULDE, 2015 pág. 22)

2.3. Vehículo eléctrico

Un vehículo eléctrico para moverse tanto parcial como totalmente maneja un motor eléctrico provisto con baterías recargables por corriente. La energía química de la batería se transformará en energía eléctrica para posteriormente convertirse en energía mecánica por medio de un motor eléctrico. (ROSERO, y otros, 2018 págs. 10-11)

Las características principales de un automóvil eléctrico son:

- Tiene a su disposición una fuente de energía que puede ser química o electroquímica transportable.
- La fuerza de movimiento lo provee un motor eléctrico.

2.4. Elementos principales que componen el tren de propulsión eléctrico

2.4.1. Motor eléctrico

Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Sus ventajas son múltiples, entre ellas tenemos: economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, es decir ha remplazado otras fuentes de energía. (CEBRIAN, 2016)

Motor brushless



Figura 1-2: Motor brushless
Fuente: (BRUSHLESS, 2016).

El motor brushless es un tipo de motor que no utiliza escobillas. Lleva siempre asociado un regulador de tensión o un variador, dependiendo del tipo de motor. Aparte hay multitud de formas y de construcciones de este tipo de motor, pero la filosofía de funcionamiento siempre es la misma. (BRUSHLESS, 2016)

- Funcionamiento del motor brushless

La corriente eléctrica suministrada por una batería generalmente, pasa directamente por las bobinas dispuestas en el estátor. La misma que circula por las bobinas genera pequeños campos magnéticos que obligan al rotor a girar. El rotor está formado por imanes permanentes fabricados por regla general con tierra raras, pero estos imanes también pueden ser de ferrita, de hecho los motores brushless de los encendidos electrónicos de las motocicletas se hace con este material. (BRUSHLESS, 2016)

Estos motores van asociados con un variador. El variador lo que hace es enviar la tensión de alimentación a las bobinas de forma secuencial, de este modo, los polos del rotor se van moviendo según el campo magnético generado por las bobinas de forma secuencial. La velocidad del rotor y su eje, dependerá de la velocidad de secuenciación del variador. Pero el variador no se limita solamente a cambiar la velocidad de secuencia de alimentación, sino que además aumenta o

disminuye la tensión de alimentación de las bobinas para extraer el máximo rendimiento al motor brushless. (BRUSHLESS, 2016)

2.4.2. Baterías

La batería es un dispositivo que convierte energía química en energía eléctrica mediante una reacción redox. La unidad básica electroquímica es la celda, está formada por tres elementos: el ánodo, o electrodo negativo; el cátodo, o electrodo positivo, y el electrolito, que es el conductor iónico que proporciona el medio físico para la transferencia de carga. (IGLESIAS, y otros pág. 1)

2.4.2.1. Las baterías se clasifican en:

- Baterías de plomo-ácido.
- Baterías de níquel-hidruro metálico
- Baterías de níquel-cadmio
- Baterías de ion-litio



Figura 2-2: Batería ion-litio

Fuente: (Turnigy Graphene Panther, 2019)

En la actualidad las baterías ion-litio aún presenta un largo recorrido de mejora y hay diversas líneas de investigación trabajando en su estudio. El ánodo suele ser de base carbono o litio – titanato. El cátodo por su parte presenta una mayor variabilidad y dependiendo de esto la batería tendrá unas características u otras, algunos ejemplos de los cátodos investigados son: (CUESTA, 2017)

- a) Litio – Ion Manganeso (LiMn_2O_4)
- b) Litio – Fosfato de hierro (LiFePO_4)
- c) Litio – Oxido de cobalto (LiCoO_2)

Como características principales presenta una densidad energética tres veces superior a las otras baterías recargables, no tiene efecto memoria, tiene un bajo nivel de auto-descarga, soporta un rango elevado de temperaturas de trabajo, así como un número elevado de ciclos de carga y descarga. Además, debido a su extendido uso se han reducido los costes de fabricación y cuenta con una baja toxicidad medioambiental. (CUESTA, 2017)

2.4.3. *Sistema de transmisión de movimiento*

- Transmisión por engranajes
- Transmisión por correas
- Transmisión por cadena

Las transmisiones de cadena se utilizan a menudo en casos donde los altos niveles de torque o alta temperatura impiden uso de correas, la transmisión de cadena es una solución económica. Una cadena de acero puede operar y resistir muchos ambientes hostiles de carácter químico o térmico.

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante de velocidad, puesto que no hay resbalamiento o estirado; larga vida o duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz. (CARREÑO, y otros, 2016)



Figura 3-2: Transmisión por cadena
Fuente: (NIETO, 2017)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

2.5. Procedimientos de diseño

El diseño en la ingeniería hace base fundamental en la selección de metodologías, materiales y equipos adecuados, con la finalidad de satisfacer ciertas necesidades predeterminadas, donde el diseñador realiza un proceso de naturaleza repetitiva encaminado a la planificación, concepción y desarrollo de sistemas.

Bajo este contexto para el desarrollo de la presente investigación titulada: “Diseño e Implementación del Tren de propulsión Eléctrico de un Prototipo para la Competencia Eco Shell Marathon”, se efectuará las siguientes actividades de manera ordenadas y en un número finito de procesos, las cuales se describen en el siguiente flujograma de la Figura 1-3.

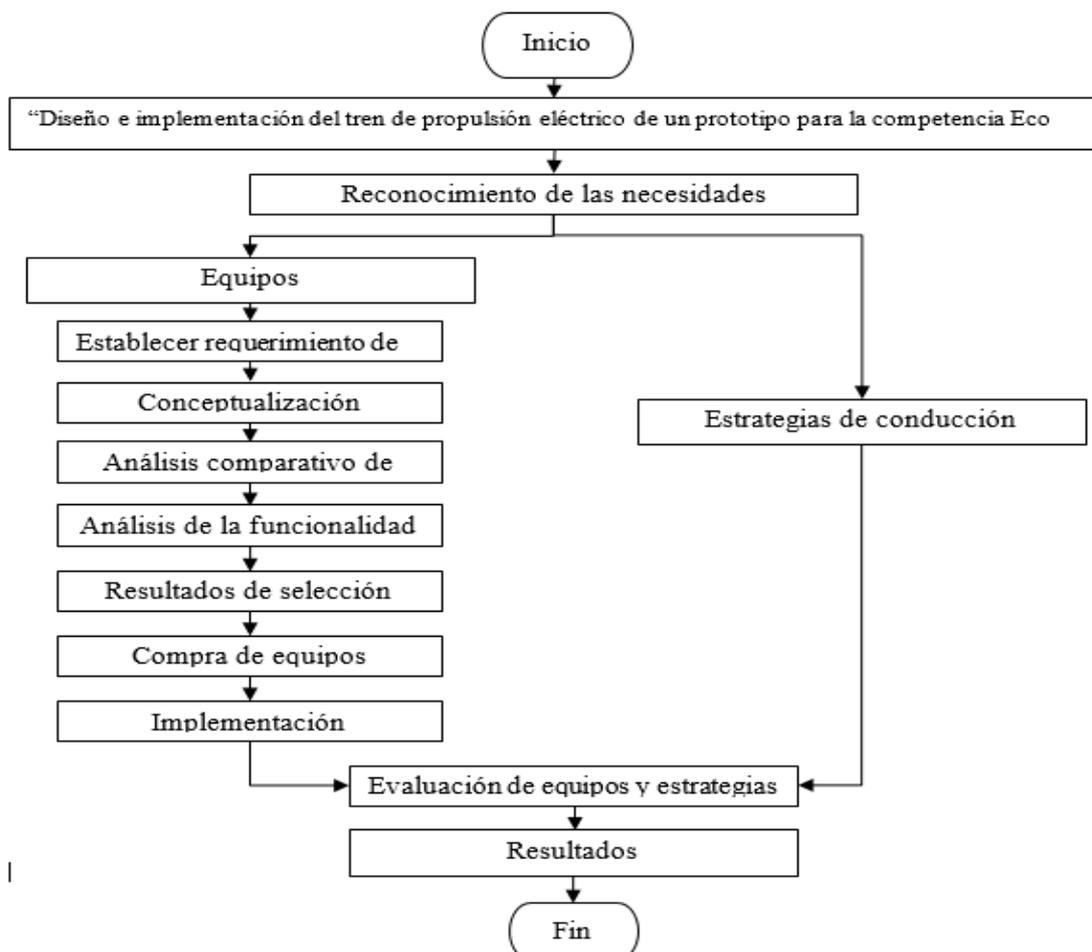


Figura 1-3: Flujograma del procedimiento de Diseño

Fuente: Autor.

2.6. Reconocimiento de las necesidades.

Como es del conocimiento en el diseño se busca satisfacer ciertas necesidades predeterminadas. En este estudio la necesidad es implementar un tren de propulsión eléctrico de un prototipo para reducir el consumo de energía en una batería, mediante una selección ingenieril de equipos y técnicas de conducción, que desemboquen en ahorro de energía.

2.6.1. Equipos

En cuanto a equipos se requiere adquirir un motor eléctrico, su controlador y baterías. Mismos que deben satisfacer los requerimientos del reglamento de competencia y a su vez posibiliten un buen desempeño del vehículo en la pista.

2.6.1.1. Establecer Requerimientos de Diseño para la Competencia Eco Shell Marathon

El sistema debe cumplir el reglamento expuesto por la organización de la competencia los mismos son de prioridad para el diseño del prototipo ya que el tema de estudio de este proyecto de tesis es dirigido para participar en la competencia y realizar una buena actuación. Entre los requerimientos de diseño son:

- El tren de transmisión en la categoría 'Batería eléctrica' está restringido a un máximo de un dispositivo de almacenamiento eléctrico y hasta dos motores eléctricos, con unidades de control asociadas.
- El sistema debe ser ligero.
- El voltaje máximo a bordo debe exceder de 48 Voltios nominales o 60 Voltios máx.
- Vehículos eléctricos con batería lejana, esto se llama batería de propulsión. Si se usan más de una sub unidades, deben empaquetarse juntas en un solo paquete físico.
- Solo se permiten baterías de litio como dispositivos de almacenamiento eléctrico.

2.6.1.2. Conceptualización.

Luego de haber identificado las necesidades del prototipo en cuanto a equipos se refiere y según la disposición que permite el chasis, lo más factible es seleccionar un solo motor eléctrico transmitiendo el movimiento mediante la utilización de una cadena, su respectivo controlador y baterías.

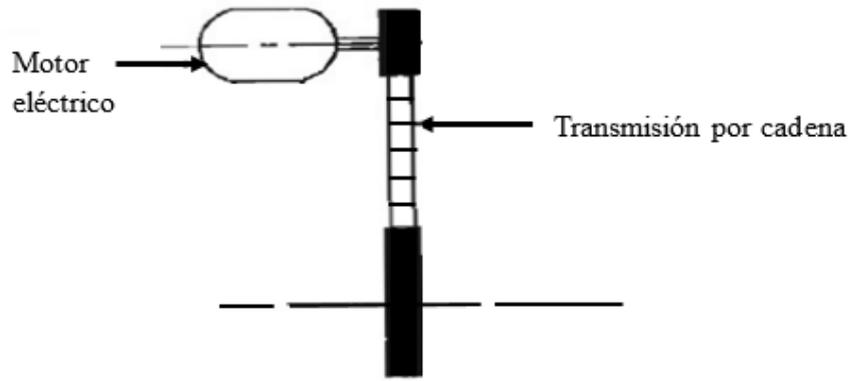


Figura 2-3: Movimiento del motor transmitido mediante cadena.

Fuente: Autor.

2.6.1.3. Análisis Comparativo de Selección

Para la selección del motor eléctrico, controlador y batería se aplicará una matriz del método ordinal corregido de criterios ponderados, lo cual permitirá obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios de evaluación se determinaron en función de los requerimientos de diseño para la Competencia Eco Shell Marathon, las necesidades determinadas en el prototipo se muestran en la Tabla 1.3.

Tabla 1-3: Criterios de Evaluación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN
1. Potencia de salida
2. Eficiencia máxima
3. Velocidad nominal
4. Peso
5. Precio

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

En cuanto a la evaluación del peso específico para cada criterio, se considera que:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior que el de las columnas.
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente que el de las columnas.

a) Motor

A continuación, se desarrollará la matriz del método ordinal corregido de criterios ponderados correspondiente al peso específico de cada criterio para la selección del motor.

Tabla 2-3: Evaluación del peso específico de cada criterio para el motor.

Potencia de salida > Eficiencia máxima > Velocidad nominal > Peso > Precio							
CRITERIO	Potencia	Eficiencia	Velocidad	Peso	Precio	$\Sigma + 1$	Pondera.
Potencia		1	1	1	1	5	0,333
Eficiencia	0		1	1	1	4	0,267
Velocidad	0	0		1	1	3	0,200
Peso	0	0	0		1	2	0,133
Precio						1	0,067
SUMA						15	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la Tabla 2-3 se aprecia el análisis del motor teniendo en cuenta desde los criterios más relevantes hasta los criterios de menor influencia para la selección del motor.

En la selección del motor se tiene tres motores eléctricos los cuales se menciona a continuación:

- Motor A: Turnigy Rotomax 100cc Tamaño 167kv sin escobillas del motor Outrunner.
- Motor B: Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w.
- Motor C: Motor de scooter eléctrico 48V 1000W

La evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio se realiza mediante las Tablas 3-3-, 4-3, 5-3, 6-3 y 7-3.

La Tabla 3-3, contrasta el criterio potencia de salida del motor de las tres opciones posibles, mediante la matriz ordinal corregida de criterios ponderados.

Tabla 3-3: Evaluación del peso específico del criterio potencia de salida del motor.

	Motor A	>	Motor B	=	Motor C	$\Sigma + 1$	Pondera.
POTENCIA	Motor A		Motor B		Motor C		
Motor A			1		1	3	0,500
Motor B	0				0,5	1,5	0,250
Motor C	0		0,5			1,5	0,250
SUMA						6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Para la evaluación del criterio eficiencia se tiene como mejor opción al motor B, pues las características de catálogo categorizan de acuerdo a la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del motor.

	Motor B	>	Motor C	>	Motor A		
EFICIENCIA	Motor A		Motor B		Motor C	$\Sigma + 1$	Pondera.
Motor A			0		0	1	0,167
Motor B	1				1	3	0,500
Motor C	1		0			2	0,333
SUMA						6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Con respecto al análisis comparativo del criterio velocidad, es de suma importancia la velocidad de salida del motor, pero a su vez no se debe sacrificar el parámetro fuerza ya que este es fundamental para la puesta en marcha del vehículo, en la Tabla 5-3, muestra la cuantificación prioritaria del criterio velocidad.

Tabla 5-3: Evaluación del peso específico del criterio velocidad del motor.

	Motor A	>	Motor B	>	Motor C		
VELOCIDAD	Motor A		Motor B		Motor C	$\Sigma + 1$	Pondera.
Motor A			1		1	3	0,500
Motor B	0				1	2	0,333
Motor C	0		0			1	0,167
SUMA						6	1

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

El criterio peso del motor representa una puntuación del 13.3% del criterio de selección, pues representa un parámetro relevante, mientras menor sea el peso más eficiente será el vehículo. A continuación, la Tabla 6-3, cuantifica la mejor opción de los tres motores.

Tabla 6-3: Evaluación del peso específico del criterio peso del motor

	Motor A	>	Motor B	>	Motor C		
MENOR PESO	Motor A		Motor B		Motor C	$\Sigma + 1$	Pondera.
Motor A			1		1	3	0,500
Motor B	0				1	2	0,333
Motor C	0		0			1	0,167
SUMA						6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En este análisis de comparación se ha cuantificado un 6.7% de prioridad de selección al criterio precio, pues es un factor que debe estar dentro de un presupuesto razonable y objetivo. La Tabla 7-3, tiene como mejor opción el motor B y califica la prioridad de cada opción.

Tabla 7-3: Evaluación del peso específico del criterio precio del motor.

	Motor B	>	Motor C	>	Motor A	
MENOR PRECIO	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma + 1$	Pondera.	
Motor A		0	0	1	0,167	
Motor B	1		1	3	0,500	
Motor C	1	0		2	0,333	
SUMA				6	1,000	

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Por último, realizamos la tabla de conclusiones de los tres motores eléctricos para determinar cuál de ellos tiene la de mayor prioridad. En donde de acuerdo a la Tabla 8-3. Muestra que la prioridad tiene el motor A con una mínima diferencia con respecto al motor B.

Tabla 8-3: Tabla de conclusión de prioridad del motor.

CONCLUSIÓN	Potencia	Eficiencia	Velocidad	Peso	Precio	$\Sigma + 1$	Prioridad
Motor A	0,167	0,044	0,100	0,067	0,011	0,39	1
Motor B	0,083	0,133	0,067	0,044	0,033	0,36	2
Motor C	0,083	0,089	0,033	0,022	0,022	0,25	3
SUMA						1,00	

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

b) El controlador

Para el caso del controlador se tiene tres ejemplares los cuales se menciona a continuación:

- Controlador A: Driver Acelerador TDPRO YK31C
- Controlador B: Driver Acelerador 45A- 24MOSFET
- Controlador C: Driver Acelerador 33- 15mosfet

A continuación, la Tabla 9-3, muestra el desarrollarlo del método ordinal corregido de criterios ponderados para el controlador, cuantificando cada criterio en base a la categorización establecida de diseño.

Tabla 9-3: Evaluación del peso específico de cada criterio del controlador.

[Peso] > [Tensión nominal] > [Eficiencia] > [Precio]						
Criterio	Peso	Tensión nominal	Precio	Eficiencia de conversión	$\Sigma + 1$	Pondera.
Peso		1	1	1	4	0,400
Tensión nominal	0		1	1	3	0,300
Precio	0	0		1	2	0,200
Eficiencia de conversión	0	0	0		1	0,100
SUMA					10	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

La evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio se realiza mediante las Tablas 10-3, 11-3, 12-3 y 13-3.

El criterio peso representa de acuerdo a la Tabla 9-3 el 40% de prioridad de selección del controlador. A continuación, se tiene en la Tabla 10-3, las calificaciones de cada controlador con respecto a este criterio.

Tabla 10-3: Evaluación del peso específico del criterio peso del controlador

Controlador a	Controlador B		Controlador C		
PESO	Controlador A	Controlador B	Controlador C	$\Sigma + 1$	Pondera.
Controlador A		1	1	3	0,500
Controlador B	0		1	2	0,333
Controlador C	0	0		1	0,167
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Teniendo el criterio tensión nominal una valoración del 30% de prioridad, la Tabla 11-3 este criterio teniendo como mejor puntuada el controlador B al igual que el controlador C.

Tabla 11-3: Evaluación del peso específico del criterio tensión nominal del controlador.

Controlador B	=	Controlador C		Controlador A	
TENSIÓN	Controlador A	Controlador B	Controlador C	$\Sigma + 1$	Pondera.
Controlador A		0	0	1	0,167
Controlador B	1		0,5	2,5	0,417
Controlador C	1	0,5		2,5	0,417
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

La eficiencia se le ha otorgado un valor del 20% para la selección del controlador, este criterio es suma importancia ya que mientras más eficiencia tenga no existirá nada de pérdidas que

representen un valor significativo en la batería. La Tabla 12-3 muestra la evaluación de este criterio.

Tabla 12-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del controlador

Controlador A	>	Controlador B	>	Controlador C	$\Sigma + 1$	Pondera.
EFICIENCIA	Controlador A	Controlador B	Controlador C	$\Sigma + 1$		Pondera.
Controlador A		1	1	3		0,500
Controlador B	0		0	1		0,167
Controlador C	0	1		2		0,333
SUMA				6		1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 12-3 se realiza un análisis prioritario debido a que en caso alguna avería que se presente, debe ser de fácil adquisición o ya sea un nuevo o repuestos para el mismo.

Tabla 13-3: Evaluación del peso específico del criterio precio del controlador

Controlador A	>	Controlador C	>	Controlador B	$\Sigma + 1$	Pondera.
PRECIO	Controlador A	Controlador B	Controlador C	$\Sigma + 1$		Pondera.
Controlador A		1	1	3		0,500
Controlador B	0		1	2		0,333
Controlador C	0	0		1		0,167
SUMA				6		1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Tabla 14-3: Tabla de conclusión de prioridad del controlador.

CONCLUSIÓN	Peso	Tensión nominal	Eficiencia	Precio	$\Sigma + 1$	Prioridad
Controlador A	0,200	0,050	0,100	0,050	0,40	1
Controlador B	0,133	0,125	0,033	0,033	0,33	2
Controlador C	0,067	0,125	0,067	0,017	0,28	3
SUMA					1,00	Controlador A

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

c) La Batería

Para el caso de las baterías se tiene de igual forma tres presentaciones, las cuales se menciona a continuación:

- Baterías A: Kit de motor 48V 1000W 45A
- Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90)
- Baterías C: Kit de motor 45V -33A

A continuación, se desarrollará las matrices del método ordinal corregido de criterios ponderados para las baterías.

Tabla 15-3: Evaluación del peso específico de cada criterio de la batería.

[Peso] > [Voltaje] = [Descarga constante] > [Precio]						
Criterio	PESO	VOLTAJE	DESCARGA CONSTANTE	PRECIO	$\Sigma + 1$	Pondera.
Peso		1	1	1	4	0,400
Voltaje	0		0,5	1	2,5	0,250
Descarga constante	0	0,5		1	2,5	0,250
Precio	0	0	0		1	0,100
SUMA					10	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 15-3, se tomará en cuenta el peso voltaje descarga constante y precio, criterios que son más relevantes para la selección más adecuada para el sistema de implementación.

La evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio se realiza mediante las Tablas 16-3, 17-3, 18-3 y 19-3.

Tabla 16-3: Evaluación del peso específico del criterio peso de la batería.

Baterías B		> Baterías C		> Baterías A	
PESO	Baterías A	Baterías B	Baterías C		Pondera.
Baterías A		0	0	1	0,167
Baterías B	1		1	3	0,500
Baterías C	1	0		2	0,333
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 16-3 se evalúa el peso de la batería como las evaluaciones anteriores deben ser tomado en cuenta mucho ya que juega un papel fundamental al peso total del prototipo.

Tabla 17-3: Evaluación del peso específico del criterio voltaje de la batería.

Baterías B		= Baterías C		> Baterías A	
VOLTAJE	Baterías A	Baterías B	Baterías C		Pondera.
Baterías A		0	0	1	0,167
Baterías B	1		0,5	2,5	0,417
Baterías C	1	0,5		2,5	0,417
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 17-3, en base a las reglas de la competencia las baterías no deben sobrepasar un voltaje nominal de 48-60 voltios, dato que se debe tener mucho en cuenta. Para la correcta selección y no tener inconvenientes al momento de las inspecciones técnicas en la competencia.

Tabla 18-3: Evaluación del peso específico del criterio descarga de la batería.

Baterías A	> Baterías B		> Controlador C		
DESCARGA	Baterías A	Baterías B	Baterías C		Pondera.
Baterías A		1	1	3	0,500
Baterías B	0		1	2	0,333
Baterías C	0	0		1	0,167
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 18-3 para el criterio de descarga de la batería es primordial debido a que mientras menor sea la descarga sería la mejor opción para la selección.

Tabla 19-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia de precio de la batería.

Baterías B	> Baterías C		> Baterías A		
PRECIO	Baterías A	Baterías B	Baterías C		Pondera.
Baterías A		0	0	1	0,167
Baterías B	1		1	3	0,500
Baterías C	1	0		2	0,333
SUMA				6	1,000

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la tabla 19-3, el criterio de precio de batería tiene una relevancia menor a las anteriores debido a que este tipo de baterías son de alto costo debido a su material de composición

Tabla 20-3: Tabla de conclusión de prioridad de las baterías.

CONCLUSIÓN	Peso	Voltaje	Descarga constante	Precio		Prioridad
Baterías A	0,067	0,042	0,125	0,017	0,25	3
Baterías B	0,200	0,104	0,083	0,050	0,44	1
Baterías C	0,133	0,104	0,042	0,033	0,31	2
SUMA					1,00	Baterías B

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

2.6.1.4. Análisis de funcionalidad.

En las diferentes etapas del proceso de diseño, después de cada despliegue de alternativas y la realización de un análisis de selección, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirva

de base para la posterior toma de decisiones en el diseño e implementación del tren de propulsión eléctrico eficiente para reducir el consumo de energía en una batería ion litio para la competencia eco Shell maratón. Bajo este contexto y observando las tablas de conclusiones de prioridades de selección de los equipos, se analiza la funcionalidad de cada uno de ellos en el prototipo.

En cuanto al Motor A presenta las mejores especificaciones de catálogo comprado con las otras dos alternativas por ende es la mejor situada en la Tabla 8-3., pero no es un motor funcional ya que mediante investigación realizada no se encontró en el mercado un controlador adecuado para su funcionamiento óptimo, razón por la cual se procedió a seleccionar al segundo mejor puntuado, la alternativa Motor B: Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w.

En cuanto al controlador y baterías se concluye realizar la compra de las alternativas mejor puntuadas en las tablas de conclusiones, por no presentar dificultades en este proyecto.

2.6.1.5. Resultados de Selección.

Considerando las exigencias y el reglamento de competición Shell Eco Maratón, se analizó el motor eléctrico y controlador que permita una propulsión eficiente, para reducir el consumo de energía de una batería ion litio. La herramienta utilizada para la selección fue el *Método ordinal corregido de criterios ponderados*, obteniéndose de esta manera:

a) Motor:

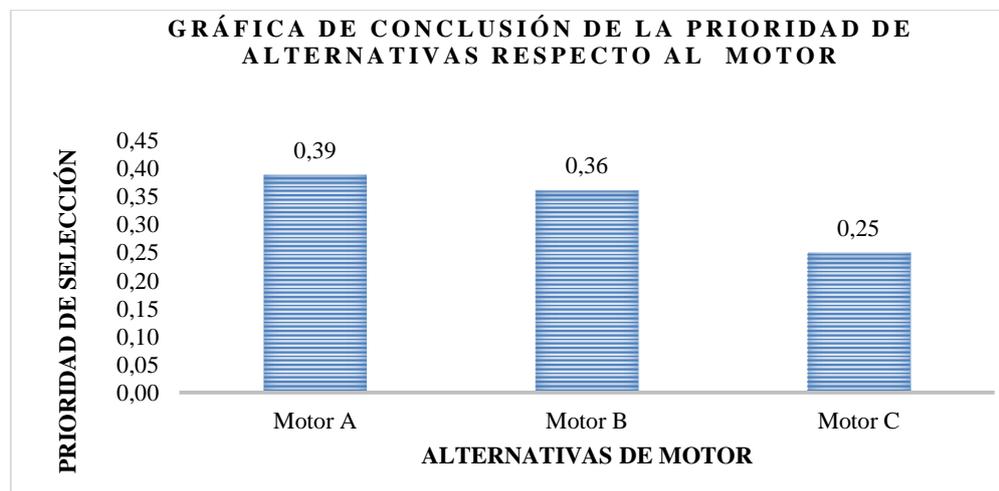


Gráfico 1-3: Conclusión de la prioridad de alternativas con respecto al motor.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En el Gráfico 1-3. Se puede apreciar claramente que la alternativa Motor A, es la de mejor puntuación, pero como ya se mencionó en el ítem 3.2.1.3., por funcionalidad entre motor y el controlador esta opción no es viable, en tal virtud se seleccionó para la compra la segunda alternativa Motor B: Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w, con una puntuación 36%,

motor que destaca su alta versatilidad, funcionalidad en la instalación y poco peso. A continuación, en la tabla 21-3, se hace presente las características más relevantes de este equipo.

Tabla 21-3: Datos técnicos del Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w.

<p>Motor:</p>	<p>Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w</p>  <p>Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w (Turnigy Graphene Panther, 2019)</p>
<p>Potencia de salida:</p>	<p>1000W- 1,4 HP</p>
<p>Velocidad nominal:</p>	<p>3 000 – 3 360 RPM</p>
<p>Tensión nominal:</p>	<p>48 V DC</p>
<p>Corriente Clasificada:</p>	<p>27 A</p>
<p>Corriente sin carga:</p>	<p>≤ 2,8 A</p>
<p>Eficiencia máxima a 48 V</p>	<p>80%</p>
<p>Piñón:</p>	<p>9 dientes para cadena T8F de 8mm</p>

Fuente: (Turnigy Graphene Panther, 2019)
Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

b) Controlador:

Mediante el análisis comparativo de los datos técnicos de tres controladores el de mejor puntuación es el Controlador A: Driver Acelerador TDPRO YK31C, con una puntuación del 40% de prioridad, como se puede apreciar en la Gráfica 2-3.

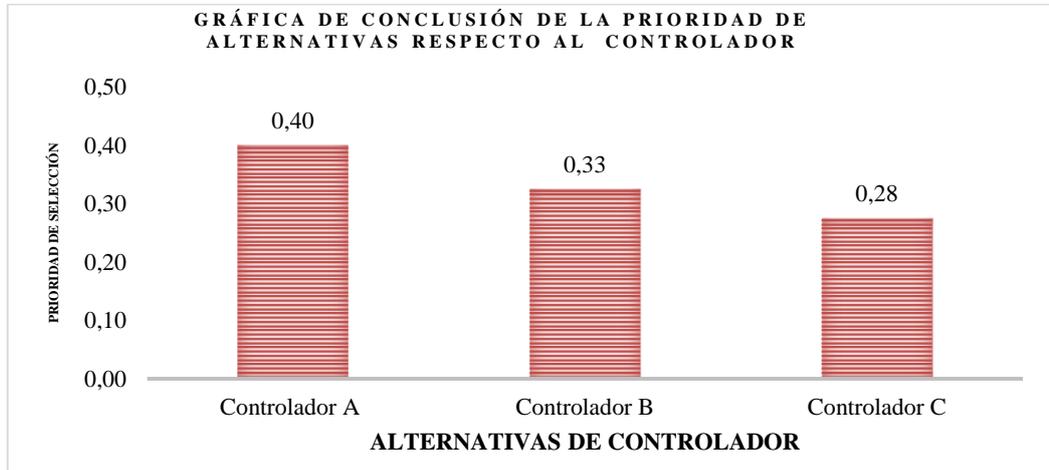


Gráfico 2-3: Conclusión de la prioridad alternativas de controlador.
Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Razón fundamentada para seleccionar la compra de Controlador A: TDPRO YK31C, donde a continuación, se presenta en la tabla 22-3, los datos técnicos del controlador proporcionado por el fabricante.

Tabla 22-3: Datos técnicos del controlador.

Controlador	<p>Driver Acelerador TDPRO YK31C</p> <p>Driver Acelerador TDPRO YK31C</p>
Tensión nominal:	1000W- 1,4 HP
Motor de partida:	48V 1000 W
Eficiencia de conversión:	95%
Protección de bajo voltaje:	42 ± 0.5V
Regulador de velocidad (acelerador):	1-4 V

Fuente: (Turnigy Graphene Panther, 2019)
Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Con respecto al cableado del controlador tiene nueve conectores compatibles con muchos scooters de 48V y con motores de hasta 1000W, cuyas señales de entrada o salida son:

- Batería
- Motor
- Freno
- Luz de freno
- Luz indicadora
- Bloqueo de encendido
- Puerto del cargador
- Desviador (acelerador)
- Doble velocidad

Cuyos conectores que deben estar obligatoriamente conectados para su funcionamiento normal son: batería, motor, bloqueo de encendido y desviador (acelerador).

c) Batería:

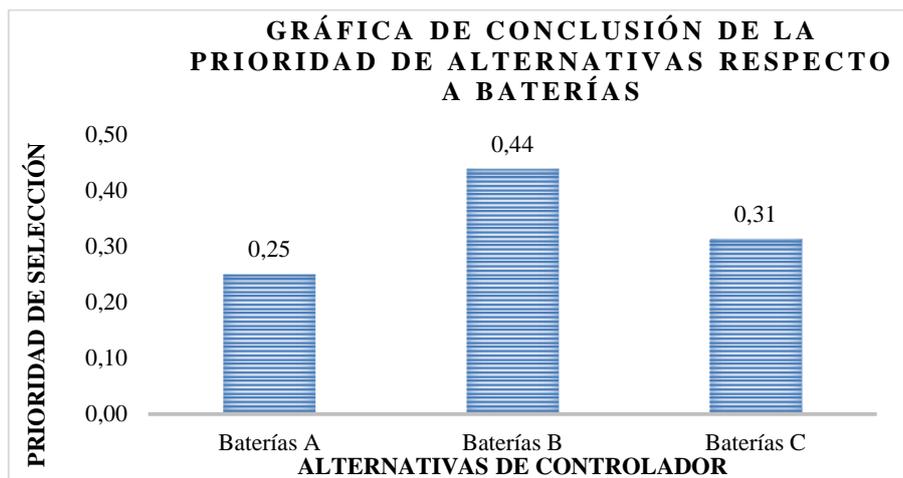


Gráfico 3-3: Turnigy Heavy Duty 5000mAh 7S 60C Lipo Pack w/XT90
Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Mediante el análisis de selección la tabla de conclusiones da como resultado la prioridad las Baterías B: Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90), con una puntuación de 44% de prioridad.

Esta batería ofrece una resistencia interna permanece constante bajo diferentes circunstancias de temperatura, que van desde 5-52 ° C (41-126 ° F) y una caída de voltaje mínima, mayor mente utilizada en drones de carreras y aviones EDF de alto rendimiento. La tabla 23-3 presenta los datos técnicos del paquete de baterías facilitada por el fabricante.

Tabla 23-3: Datos técnicos del paquete de Baterías Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90)

<p>Paquete de Baterías Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90)</p>	
<p>Capacidad:</p>	<p>6000mAh</p>
<p>Recuento de celdas:</p>	<p>6</p>
<p>Voltaje:</p>	<p>22.2V</p>
<p>Descarga constante:</p>	<p>75C</p>
<p>Descarga máxima (3s):</p>	<p>150C</p>
<p>Peso:</p>	<p>1,140 kg</p>

Fuente: (Turnigy Graphene Panther, 2019)

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Los resultados obtenidos luego del análisis comparativo mediante método ordinal corregido de criterios ponderados, de cada uno de los componentes del automóvil son:

- El motor Brushed Speed motor WPHMOTO dispone de una potencia de salida de 1000W, con una velocidad nominal de 3 000 – 3 360 RPM, con lo cual promete brindar un gran desempeño del vehículo en la competencia eco Shell maratón. Una de sus características principales es su peso de 5,45 kg.
- El controlador Driver Acelerador TDPRO YK31C con una tensión nominal de 48V DC, una corriente continua de 20 A y una eficiencia de 95%, lo que la hace idónea para las exigencias del motor y el vehículo.
- El paquete de Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90) nos brinda capacidad de 1000W, para cubrir con las exigencias se instalarán dos de éstos paquetes dispuestos en serie que nos brindaran un voltaje nominal de 44,4 V, por lo que abastecerá todos los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo permitiendo el mejor rendimiento del mismo en cada una de las pruebas de pista.

2.6.1.6. Implementación

Una vez adquirido los equipos seleccionados previamente por el método ordinal corregido de criterios ponderados. Se realiza la implementación de los mismos al prototipo de acuerdo a los siguientes pasos.

- Inicialmente, se realizó un estudio para la selección de sistema de transmisión, el ideal para nuestro prototipo fue transmisión por cadena, por razones de costo, durabilidad y eficiencia en su trabajo. Luego seleccionamos el número de dientes adecuado de los engranajes para el sistema de transmisión.

Es relevante mostrar un esquema o diagrama mecánico de cómo está acoplado y el motor y la rueda dentada motriz y cuál es la relación de transmisión para posteriores cálculos en la obtención de velocidades de entrada y salida, datos importantes para la obtención de la eficiencia.

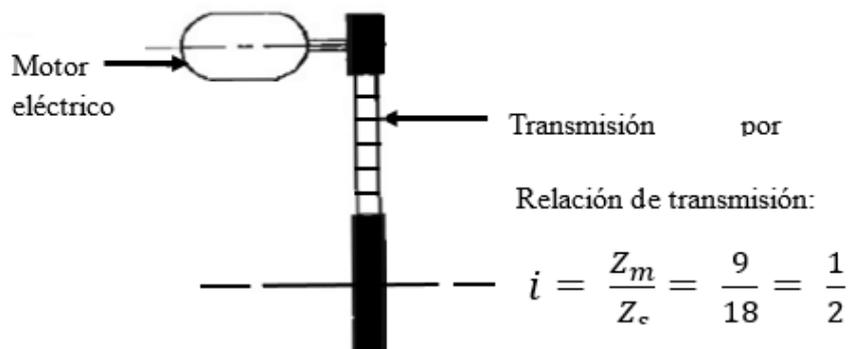


Figura 3-3: Diagrama mecánico

Fuente: autor.

- Se diseña el eje para el correcto funcionamiento del prototipo y acoplar los engranajes reductores de velocidad del sistema de transmisión, juntamente con las bases respectivas para el sistema de transmisión.
- Con respecto a la base del motor se debe sujetar fijamente al chasis del prototipo.
- A continuación, se colocan las cadenas de transmisión de manera adecuada, misma que cuenta con su respectiva protección en caso de averías del sistema de transmisión, como establece el reglamento de la competencia.
- Luego se procede con la colocación de los neumáticos con la respectiva alineación hacia el prototipo.
- Otra tarea prioritaria fue la instalación eléctrica rigiéndose minuciosamente al diagrama eléctrico y al reglamento, que exige dotar al vehículo medidas de seguridad para evitar accidentes en la pista o zona de paddocks. Ahora bien, el vehículo debe constar de un botón de emergencia o apagado instantáneo tanto interno como externo, bocina, luz posterior de arranque, batería, unidad de control, sistema electrónico de piloto muerto, diferentes elementos como fusibles y relés, dispositivos que se muestran en la figura 4-3.

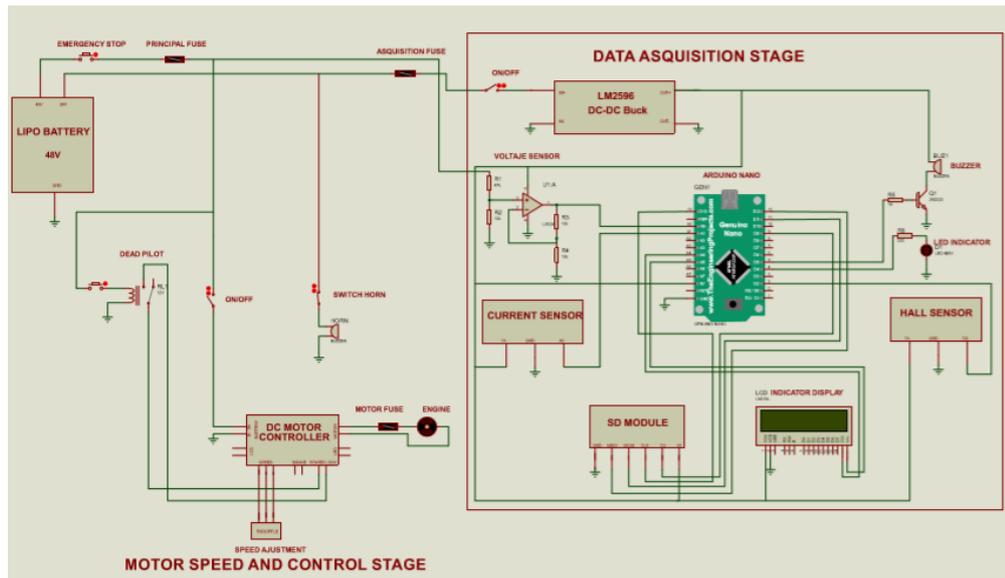


Figura 1-3: Diagrama eléctrico.

Fuente: autor

- Posteriormente según las reglas de Eco Shell maratón, se aisló entre el habitáculo y el compartimento del tren de propulsión, para evitar lecciones en caso de incendio o averías del sistema de eléctrico del vehículo.
- También se colocó el controlador, en una posición adecuada para evite averías o cortos circuitos al sistema y que sea de fácil acceso para su correcta conexión y así evitar daños hacia el equipo.
- La instalación de las baterías se realizó en una base metálica con una protección contra incendio, cortocircuitos y volcamiento como estipula los reglamentos de la competencia.
- Previamente comprobado los sistemas anteriores y ubicado de la mejor manera se inicia con la instalación del sistema eléctrico del vehículo, mismo que debe ser aislado sin la presencia de ningún cable suelto para evitar averías, cabe recalcar que las baterías se las conectaron en serie para obtener un voltaje nominal de 44.4 V el cual establece el reglamento de la competencia, se usó cable flexible #12, con un fusible de seguridad de 30amp y un paro de emergencia en caso de averías y cortocircuitos. Para las conexiones del controlador y su accesorio (pedal de aceleración el cual consta de 3 conectores que son: alimentación, señal y GND. El switch on-off del controlador que consta de 2 cables) se usó cable flexible # 18. Para el motor que se conecta al controlador de velocidad, se usó cable flexible # 12 con un fusible de seguridad de 40 Amp en caso de cortocircuito. Para conectar los cables de cada equipo instalado el en prototipo, se usó terminales de conexión tipo u, con borneras de conexión de 6 y 12 conectores. La bornera de 6 pines se usó la para el

banco de baterías, mientras que la bornera de 12 pines se usó para conectar el controlador de velocidad, motor, y accesorios.

- Por último, se implementó un sistema de adquisición de datos, el mismo que permitirá obtener parámetros en tiempo real. (velocidad, corriente, voltaje, distancia,). Dispositivo que utiliza sensores efecto HALL para mostrar la distancia recorrida y velocidad y otro sensor que va conectado en la línea positiva de las baterías para medir el consumo de corriente. En estas conexiones se usó cable flexible #18 para las y se instaló un fusible de seguridad de 30 Amp en caso de cortocircuito. Los datos que adquiridos son presentados en una pantalla LCD que va instalada en el volante del prototipo. Datos que permitirán realizar un análisis técnico para evaluar el consumo de la batería del prototipo.

2.6.2. Estrategias de Conducción

Para el caso de las metodologías de conducción se ha optado por estudiar dos estrategias para cada condición de pista. A continuación, se asigna una nomenclatura y de especifica detalles de las pistas y técnicas de conducción.

Pista:

- PISTA A.- Inclinación de la pista 0°.
- PISTA B.- Inclinación de la pista 2°.

Metodologías:

- Estrategia 01.- Aceleración máxima, pisando el acelerador de manera permanente.
- Estrategia 02.- Velocidad ideal constante, dando impulsos mediante el acelerador solo cuando disminuya la velocidad, tratando de conseguir siempre una velocidad constante, al momento de arrancar iniciar en la 5ta marcha para disminuir el consumo de amperaje debido a que en este momento es cuando existe el mayor consumo de tensión, a medida que va avanzando el prototipo para tener mayor velocidad regresar al 1er cambio.

2.7. Evaluación de Equipos y Estrategias

Una vez realizado el diseño e implementación se procede a la experimentación de las metodologías de conducción, planteando las necesidades de competencia, con la finalidad que el prototipo tenga una buena y efectiva participación en la misma.

2.7.1. Práctica experimental

Al hablar de evaluación de equipos y estrategias se refiere esencialmente al desarrollo de prácticas experimentales y análisis de datos.

En tal virtud la primera experimentación luego del ensamblaje de equipos consistió en realizar mediciones de variables, utilizando el osciloscopio, el cual permitió observar las señales de tensiones y corrientes variando con el tiempo, en dos condiciones de funcionamiento del motor, como muestra la Tabla 24-3 y Tabla 25-3.

Tabla 24-3: Mediciones de voltaje inicial, final e intensidad de corriente con aceleración lenta del motor.

	Mediciones										Promedio
V₀(V)	50,47	50,46	50,44	50,41	50,40	50,40	50,37	50,36	50,35	50,34	50,40
V_f(V)	50,46	50,43	50,41	50,37	50,39	50,28	50,26	50,25	50,24	50,22	50,33
I(A)	2,216	2,253	2,252	2,240	2,156	2,425	2,382	2,360	2,385	2,381	2,296

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

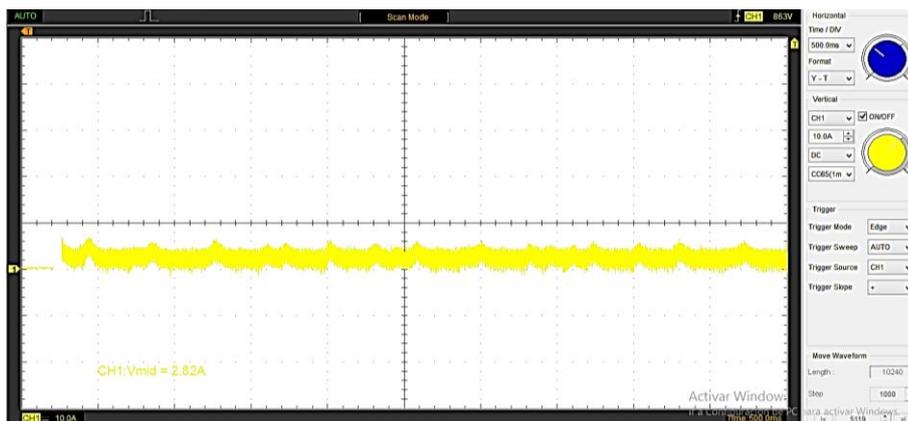


Figura 2-3: Variación del voltaje e intensidad de corriente en función del tiempo con aceleración lenta del motor.

Fuente.: Autor.

Tabla 25-3: Mediciones de voltaje inicial, final e intensidad de corriente con aceleración súbita del motor.

	Mediciones										Promedio
V₀(V)	50,32	50,3	50,26	50,25	50,23	50,21	50,21	50,19	50,16	50,14	50,23
V_f(V)	50,19	50,15	50,13	50,11	50,11	50,09	50,07	50,07	50,05	50,04	50,10
I(A)	2,272	2,205	2,174	2,113	2,046	1,959	2,143	2,179	2,223	2,985	2,230

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

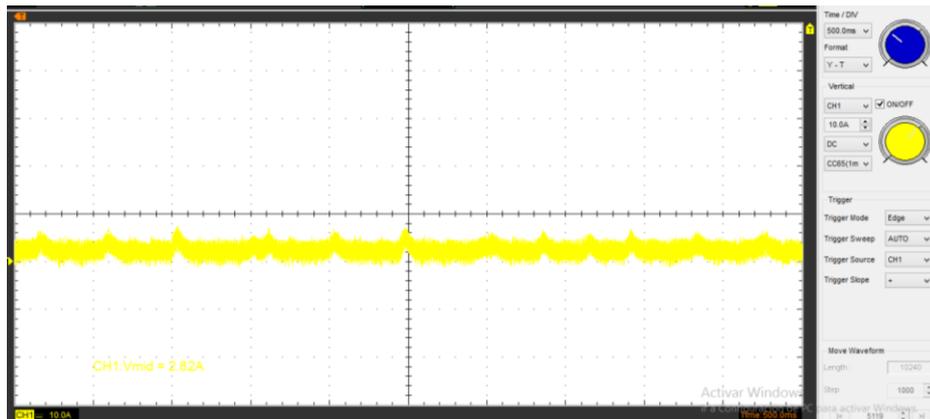


Figura 3-3: Variación del voltaje e intensidad de corriente en función del tiempo con aceleración súbita del motor.

Fuente: Autor

Tanto las tablas de datos, sus promedios y las gráficas arrojadas por el osciloscopio cuando el motor se lo acelera de manera uniforme o, así como de manera súbita muestran una variación mínima del voltaje de la fuente y el flujo de corriente, dándonos una pauta del buen funcionamiento de las baterías entregando un voltaje constante y una corriente con poca variación debido a la falta de carga en el motor.

Partiendo de estas condiciones iniciales del motor, se realiza los ensayos de conducción de dos estrategias por cada tipo de pista, por ello se hace necesario designar una nomenclatura a los cuatro ensayos a ejecutar.

- Ensayo N° 01: Ensayo en una pista inclinada en: 0°, aplicando la Estrategia 01, que consiste en acelerar de manera permanente.
- Ensayo N° 02: Ensayo en una pista inclinada en: 0°, aplicando la Estrategia 02, que consiste en dar impulsos con el acelerador, solo a la percepción de disminución de velocidad.
- Ensayo N° 03: Ensayo en una pista inclinada en: 2°, aplicando la Estrategia 01, que consiste en acelerar de manera permanente.
- Ensayo N° 04: Ensayo en una pista inclinada en: 2°, aplicando la Estrategia 02, que consiste en dar impulsos con el acelerador, solo a la percepción de disminución de velocidad.

Para cada experimentación se realizará diez practicas por ensayo, donde se tabularán datos de voltaje, intensidad de corriente, potencia, velocidad, distancia y tiempo, con una carga para el motor de 104.9kg correspondientes a 50kg del conductor y 54.9 kg del vehículo.

2.7.1.1. Ensayo N° 01: Pista A aplicando estrategia 01.

Como es del conocimiento se realiza diez experimentaciones por práctica, mediante los cuales se obtiene un valor promedio para cada tiempo, cuyos datos se encuentran tabulados en la Tabla 26-3.

Tabla 26-3: Datos promedios para cada tiempo del ensayo N° 01: Pista A aplicando estrategia 01.

Tiempo(s)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad(km/s)	Potencia (W)	distancia(m)
1	45,34	24,75	14,14	4232,52	7,00
2	46,06	14,46	20,07	2465,39	12,00
3	46,08	4,46	22,90	771,95	17,00
4	45,90	7,55	22,34	1298,38	24,00
5	45,51	12,00	22,06	2066,00	30,00
6	45,50	19,81	21,49	3385,14	35,00
7	45,34	21,91	22,05	3739,54	41,00
8	45,09	20,90	22,48	3576,70	49,00
9	46,11	19,27	25,59	3302,25	55,00
10	45,66	15,51	26,44	2662,93	62,00
11	46,03	9,70	28,41	1672,75	71,00
12	46,26	6,44	27,71	1101,90	77,00
13	45,95	11,28	24,60	1926,30	86,00
14	45,47	15,05	23,33	2554,00	93,00
15	45,47	8,47	21,49	1443,16	97,00
16	44,95	10,54	18,38	1809,45	102,22
17	47,82	14,56	16,40	2484,50	100,00
18	48,60	4,41	18,38	773,76	102,50
19	48,81	3,11	12,37	548,11	107,50
20	49,40	-0,14	9,90	-24,26	106,67
21	49,56	-0,15	14,14	-27,15	110,00
22	49,59	-0,13	8,48	-23,40	110,00

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Como la potencia está en función del voltaje y la corriente, mientras que la distancia recorrida es directamente proporcional a la velocidad y al tiempo, los parámetros de análisis que revelarán la mejor estrategia en cada una de los tipos de pista es la distancia recorrida vs la energía consumida. Como se tiene en la Gráfica 4-3.

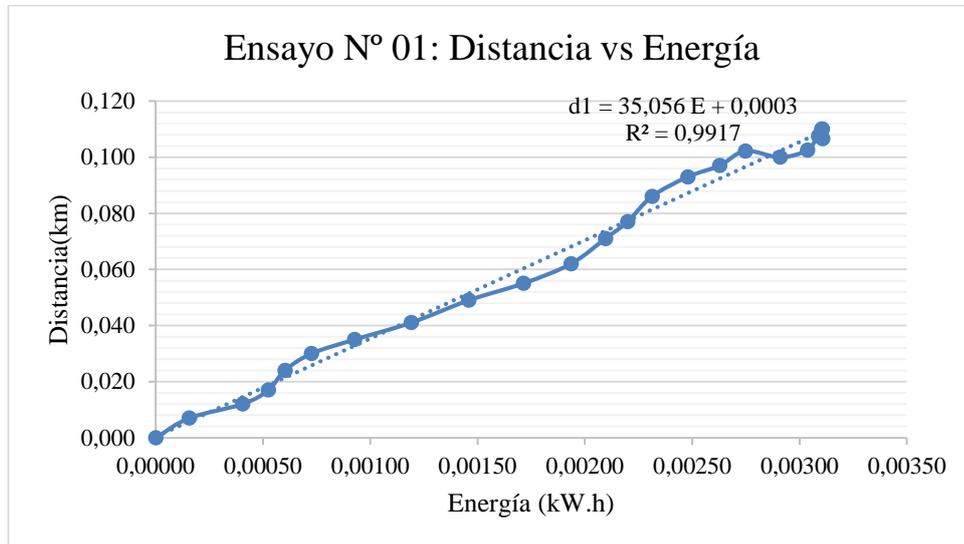


Gráfico 4-3: Distancia vs Energía experimental, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Como se puede observar en la Gráfica 5-3, se trata de dos variables cuya relación es directamente proporcional y cuyo modelo matemático se lo consigue mediante una simple regresión lineal, donde se tendrá a la distancia medida (Km) en función de la energía que estará expresada en (KWh).

$$f(x)=35,056 x+0,0003 \quad \text{Distancia recorrida: } d=f(x)$$

$$\text{Potencia Suministrada: } P=x \quad \text{Por tanto: } d_1(E)=35,056 E+0,0003$$

La Gráfica 5-3, muestra el comportamiento de la distancia en función de la energía bajo el modelo matemático lineal obtenido de datos experimentales.

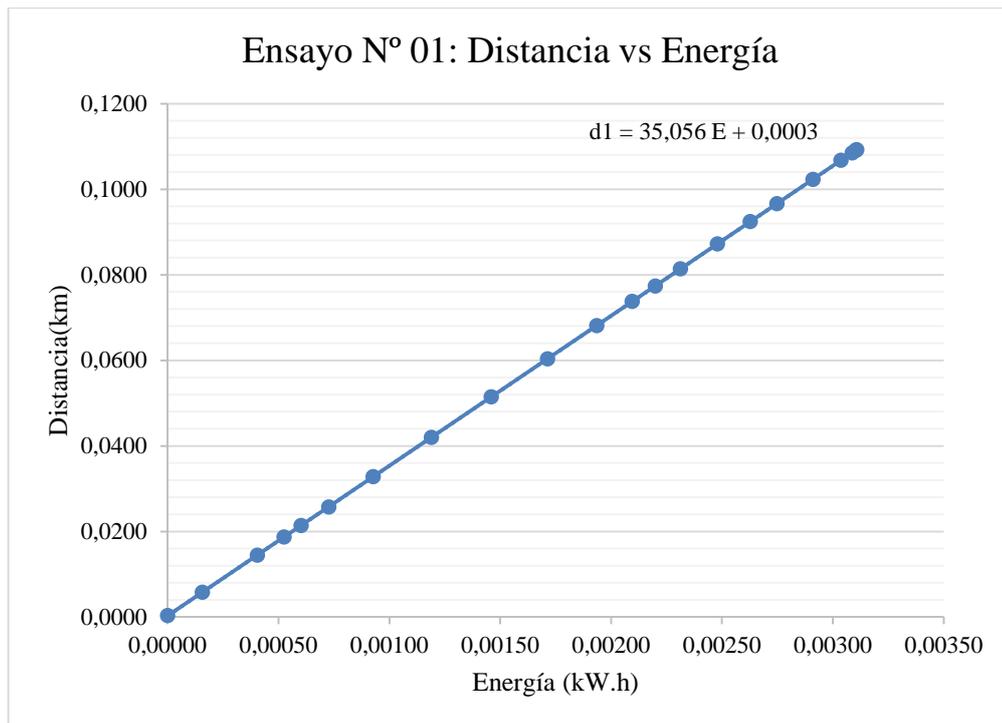


Gráfico 5-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En tal virtud analizando la gráfica desde el punto de vista físico se identifica a la pendiente del modelo matemático como el coeficiente numérico que indica el kilometraje recorrido por cada KW.h el mismo que en esta práctica donde se tiene como condiciones iniciales la Pista A y Estrategia 01 es igual a:

$$m1=35,056 \frac{\text{Km}}{\text{KW.h}}$$

2.7.1.2. Ensayo N° 02: Pista A aplicando estrategia 02.

A continuación, en la Tabla 27-3 se presentan los datos promedios de diez ensayos realizados en la Práctica N° 02, adquiridos mediante el equipo de telemetría.

Tabla 27-3: Datos promedios para cada tiempo del ensayo N° 02: Pista A aplicando estrategia 02.

Tiempo (s)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Velocidad(m/s)	Potencia(W)	distancia(m)
1	44,69	30,68	17,53	4687,06	10,00
2	45,10	20,74	24,60	2953,96	12,00
3	45,64	12,82	26,58	1403,15	21,00
4	46,00	8,18	28,98	573,57	30,00
5	46,15	5,51	27,14	137,28	38,00
6	46,28	4,64	23,75	-6,00	42,00
7	45,74	14,41	21,07	2090,95	50,00
8	45,03	25,98	21,91	3944,59	56,00
9	44,96	24,32	22,48	3552,57	62,00
10	45,28	18,96	26,72	2602,23	69,00
11	45,48	15,80	27,43	1956,97	77,00
12	45,62	12,84	27,71	1332,79	85,00
13	45,93	10,23	26,86	908,17	93,00
14	46,14	4,91	26,44	71,32	100,00
15	46,04	9,96	21,74	701,89	101,25
16	46,08	6,88	23,02	765,49	110,00

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Con la adquisición de los datos se puede realizar la Graficas 6-3, donde se presenta el comportamiento de la distancia en función del tiempo para una Pista A, aplicando la Estrategia 02.

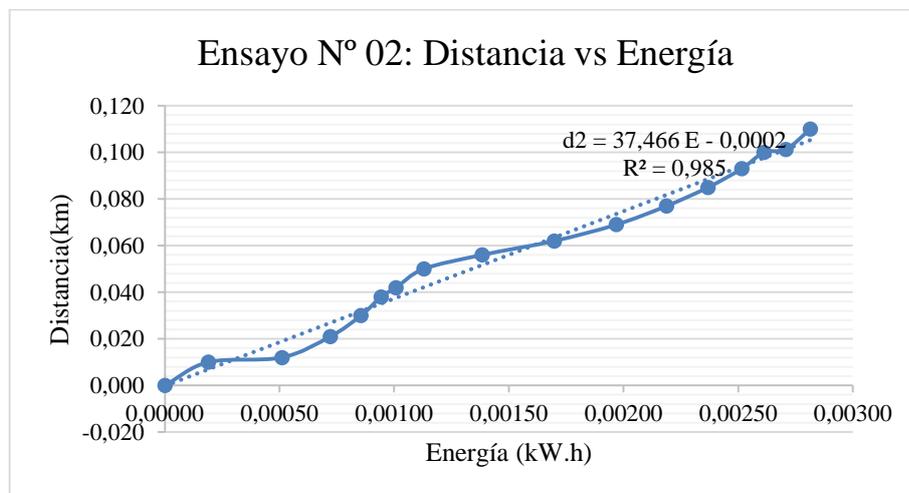


Gráfico 6-3: Distancia vs Energía experimental, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Existe una relación directamente proporcionalidad entre las dos variables en estudio y cuya modelo matemática se lo consigue igualmente mediante una regresión lineal, donde la distancia es medida (Km) y la energía en (KWh). Comportamiento que se describe en la Grafica 7-3.

$$f(x) = 37,466 x + 0,0002 \quad \text{Distancia recorrida: } d = f(x)$$

$$\text{Potencia Suministrada: } P = x \quad \text{Por tanto: } d_2(E) = 37,466 E + 0,0002$$

La Gráfica 7-3, muestra el comportamiento de la distancia en función de la energía bajo el modelo matemático lineal obtenido de datos experimentales.

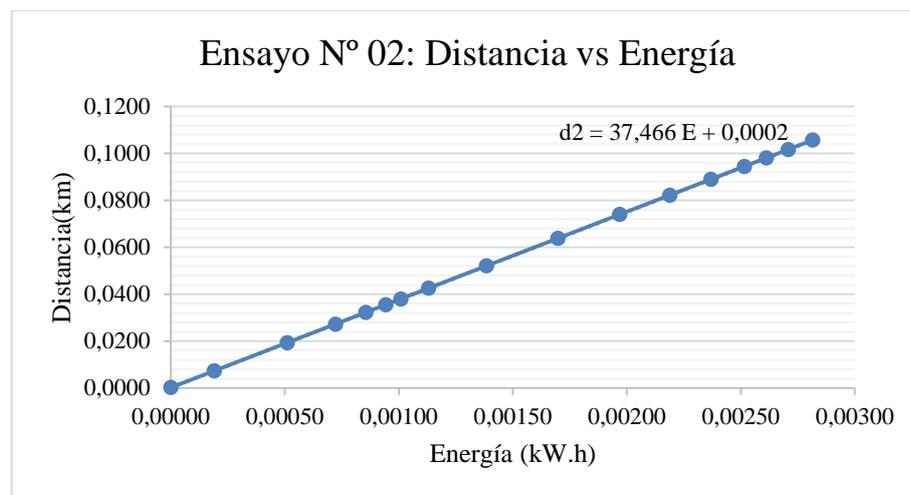


Gráfico 7-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Al apreciar la Gráfica 7-3, desde el punto de vista físico se identifica a la pendiente del modelo matemático como el coeficiente numérico que indica el kilometraje recorrido por cada KW.h:

$$m_2 = 37,466 \frac{\text{Km}}{\text{KW.h}}$$

2.7.1.3. Ensayo N° 03: Pista B aplicando estrategia 01.

De igual forma que las prácticas anteriores a continuación en la Tabla 28-3 se presenta los datos promedios de diez ensayos realizados en una pista con inclinación 0ª y aplicando la Estrategia 01.

Tabla 28-3: Datos promedios para cada tiempo de la Ensayo N° 03: Pista B aplicando estrategia 01.

Tiempo (s)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Velocidad(m/s)	Potencia (W)	distancia (m)
1	46,189	26,779	16,823	4451,441	10
2	46,473	17,717	22,054	2960,846	10
3	46,696	14,535	24,174	2439,897	20
4	46,88	11,643	24,882	1965,39	30
5	47,1	7,226	24,741	1215,884	30
6	47,034	8,734	24,6	1460,287	40
7	46,988	9,388	23,609	1574,599	50
8	46,982	10,128	23,752	1698,087	50
9	47,104	6,156	23,61	1032,266	60
10	47,423	1,674	21,63	284,394	60
11	46,704	16,234	18,236	2692,469	70
12	46,206	24,2	17,529	4003,113	70
13	45,946	27,346	17,671	4521,902	80
14	46,112	21,418	20,498	3553,943	80
15	46,342	16,835	23,326	2808,638	90
16	46,599	12,476	24,316	2094,223	90
17	46,709	10,889	25,448	1832,702	100
18	46,786	10,188	25,73	1717,369	110
19	46,882	8,29	27,002	1397,107	110
20	46,904	8,169	26,438	1380,511	120
21	47	4,365	25,9188	737,263	130
22	47,312	3,69	25,4475	625,765	140

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Mediante la adquisición de datos en la Práctica N° 03, la cual consiste en una experimentación en una Pista B, aplicando la Estrategia 01, se analiza y se procede a realizar un cálculo estadístico mediante la gráfica distancia vs Potencia como muestra la Grafica 8-3.

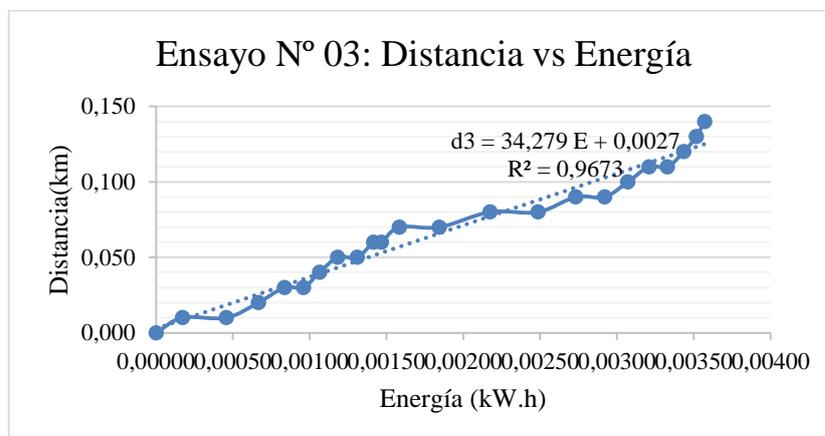


Gráfico 8-3: Distancia vs Energía Experimental, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista B.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Esta experimentación a pesar de tener condiciones de pista distinta correspondiente a Pista B, dos grados de inclinación, de igual forma la relación sigue siendo directamente proporcionalidad entre las dos variables en estudio y cuya modelo matemática se lo consigue mediante una regresión lineal, donde la distancia es medida (Km) y la potencia en (KWh).

$$f(x) = 34,279 x + 0,0027; \text{ Distancia recorrida: } d = f(x)$$

$$\text{Potencia Suministrada: } P = x \quad \text{Por tanto: } d_3(E) = 34,279 E + 0,0027$$

La Gráfica 9-3, representa la curva Linealizada de los datos adquiridos experimentalmente de diez experimentaciones, en condiciones Pista B y Estrategia 01.

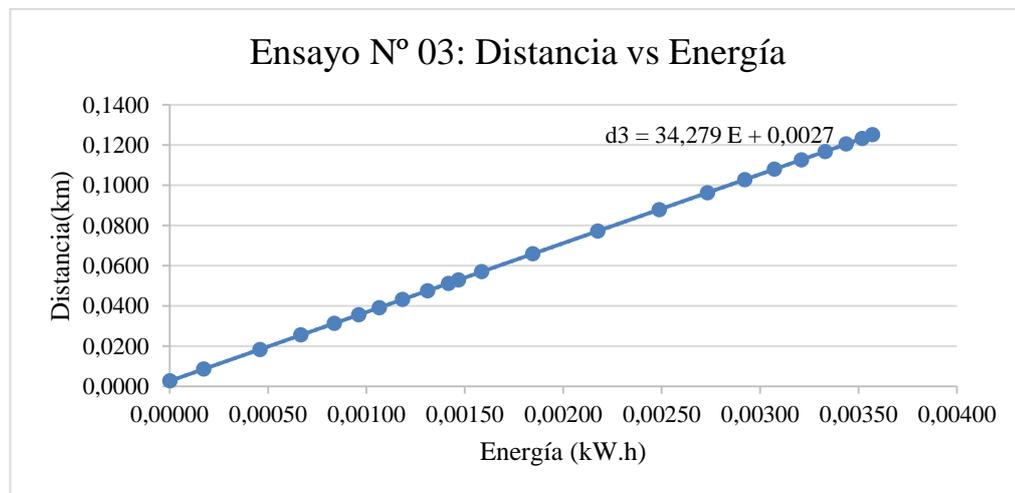


Gráfico 9-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 01 de conducción en la Pista B.

Realizado por: Autores Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Por ende, la gráfica, desde el punto de vista físico se identifica a la pendiente del modelo matemático como el coeficiente numérico que indica el kilometraje recorrido por cada KW.h:

$$m_3 = 34,279 \frac{Km}{KW.h}$$

2.7.1.4. Ensayo N° 04: Pista B aplicando estrategia 02.

Por último, en la Tabla 29-3 se presenta los datos promedios de diez practicas realizados en una pista con inclinación 2ª y aplicando la Estrategia 02.

Tabla 29-3: Datos promedios para cada tiempo de la Ensayo N° 04: Pista B aplicando estrategia 02.

Tiempo (s)	Voltaje (V)	Corriente(A)	Velocidad(m/s)	Potencia(W)	distancia (m)
1	46,61	27,69	17,67	4725,15	10,00
2	47,06	16,34	23,61	2839,06	12,22
3	47,38	10,58	25,87	1988,02	21,11
4	47,45	8,03	25,73	1522,88	30,00
5	47,55	6,24	26,86	1180,73	35,56
6	47,43	10,27	25,73	1429,07	43,33
7	47,60	6,41	26,44	941,11	50,00
8	47,85	2,02	25,16	365,50	58,89
9	47,95	1,62	24,74	286,26	63,33
10	47,66	8,31	22,05	1560,83	70,00
11	47,21	16,47	18,10	3065,07	74,44
12	46,64	26,09	18,95	4585,79	80,00
13	46,70	23,00	19,51	3935,88	86,67
14	46,87	17,45	22,48	2729,33	92,22
15	47,10	12,85	25,73	2036,38	100,00
16	47,18	10,88	26,15	1744,65	107,78
17	47,22	10,23	26,44	1729,95	113,33
18	47,33	9,53	26,30	1560,32	122,22
19	47,39	8,03	26,15	1306,91	128,89
20	47,46	7,15	27,14	1153,38	137,78
21	47,92	6,19	26,39	858,75	135,00
22	48,18	1,23	26,86	212,97	140,00

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

En la última práctica al graficar los puntos de la distancia vs Potencia como muestra la figura siguiente, cuyas condiciones son: Pista B – Estrategia 02. Se tiene la siguiente gráfica.

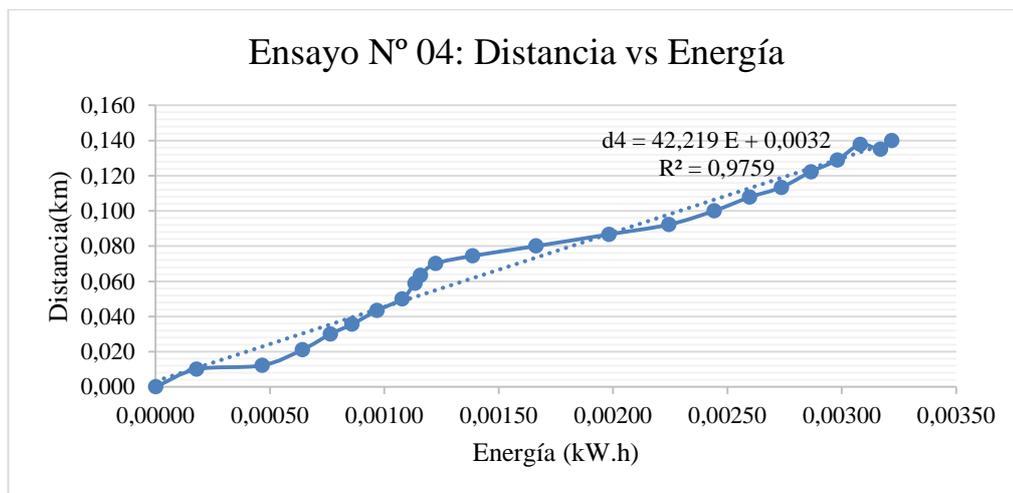


Gráfico 10-3: Distancia vs Energía Experimental, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista B.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Al igual q en las practicas anteriores la relación sigue siendo directamente proporcional entre las dos variables en estudio y cuya modelo matemática se lo consigue mediante una regresión lineal, donde la distancia es medida (Km) y la potencia en (KWh).

$$f(x)=42,219 x+0,0032 \text{ Distancia recorrida: } d=f(x)$$

$$\text{Potencia Suministrada: } P=x \quad \text{Por tanto: } d_4(E)=42,219 E+0,0032$$

La Gráfica 11-3, representa la curva Linealizada de los datos adquiridos experimentalmente de diez experimentaciones, en condiciones Pista B y Estrategia 02.

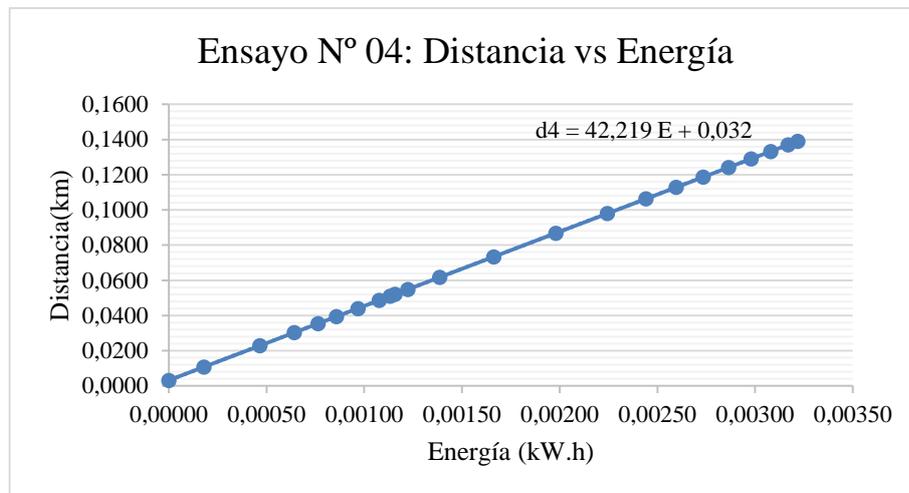


Gráfico 11-3: Distancia vs Energía Linealizada, aplicando la estrategia 02 de conducción en la Pista B.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Por ende la gráfica, desde el punto de vista físico se identifica a la pendiente del modelo matemático como el coeficiente numérico que indica el kilometraje recorrido por cada KW.h:

$$m_4 = 42,219 \frac{Km}{KW.h}$$

2.7.2. Análisis de Resultados.

2.7.2.1. Análisis de la estrategia

Para el análisis de resultados la metodología a seguir se indica mediante el siguiente esquema de la gráfica 12-3.

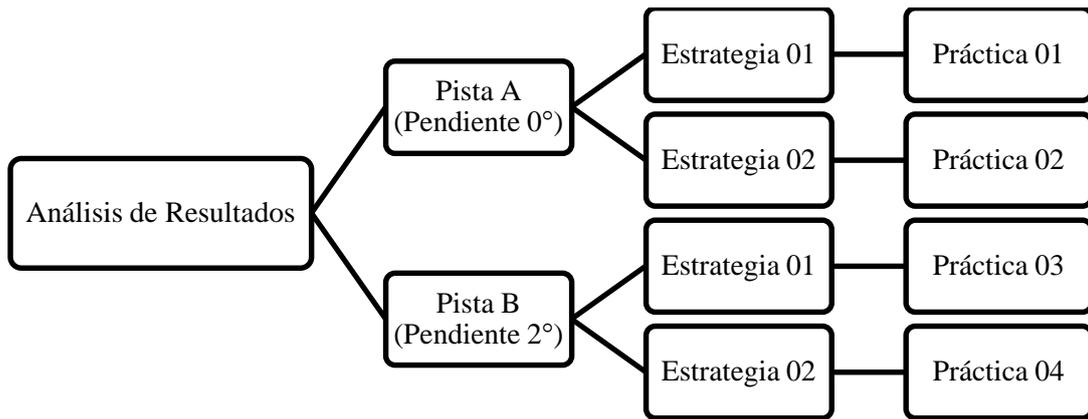


Gráfico 12-3: Diagrama del análisis de resultados.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Para la determinación de la mejor estrategia se desarrollará un análisis comparativo entre las dos estrategias planteadas en esta investigación, bajo las condiciones de Pista A y Pista B, de esta forma se concluirá que técnica de conducción es la más adecuada para cada tipo de pista. Para el análisis de resultados experimentales se tiene:

- a) Contratación de las Gráficas Distancia vs Energía, para apreciar la diferencia de las pendientes de las dos curvas linealizadas de datos experimentales obtenidos en el ensayo 01 y 02.

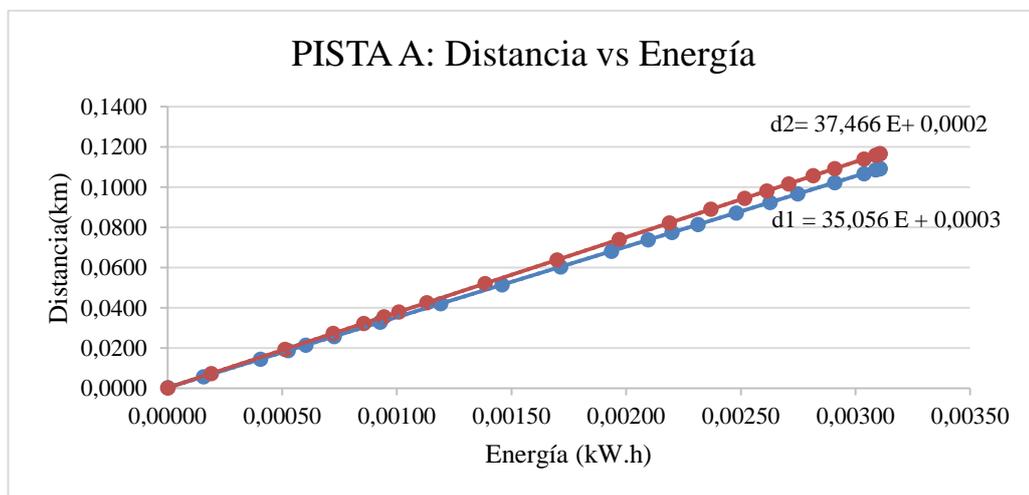


Gráfico 13-3: Comparación de Estrategia 01 y estrategia 02 de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Claramente se puede apreciar la inclinación de las pendientes positivas y mayores de las curvas Distancia vs Energía aplicando la Estrategia 02 en la Pista A y en la Pista B con respecto a las curvas generadas por la Estrategia 01.

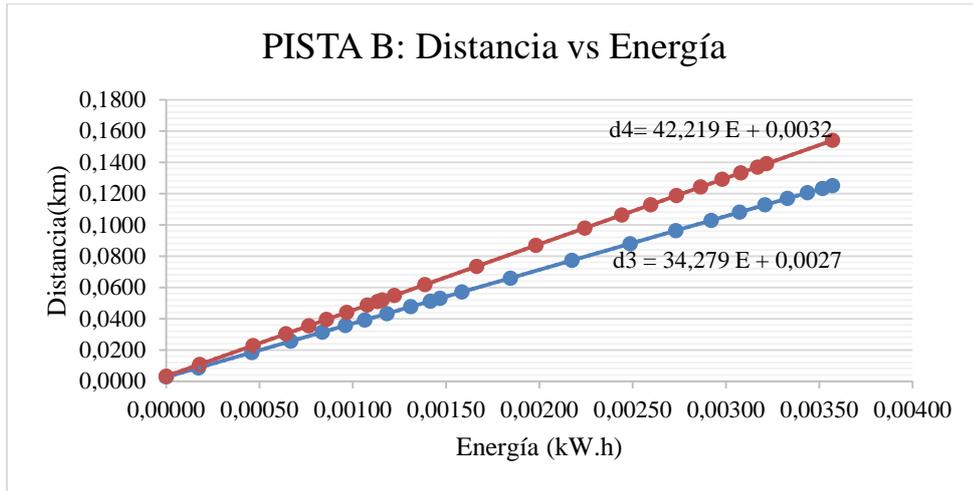


Gráfico 14-3: Comparación de Estrategia 01 y estrategia 02 de conducción en la Pista B.
Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

- b) Comparación cuantitativa de la tasa de variación de la distancia recorrida en (km) por el vehículo y la energía invertida en (kw.h) correspondiente al valor de las pendientes de las curvas linealizadas.

Pista A:

$$m_1 = 35,056 \frac{\text{km}}{\text{kW.h}}$$

$$m_2 = 37,466 \frac{\text{km}}{\text{kW.h}}$$

La Grafica 15-3. Muestra la superioridad de la variación de la distancia medida en kilómetros por cada kw.h de energía consumida de la fuente en la estrategia 02 en una pista con una inclinación de 0°.

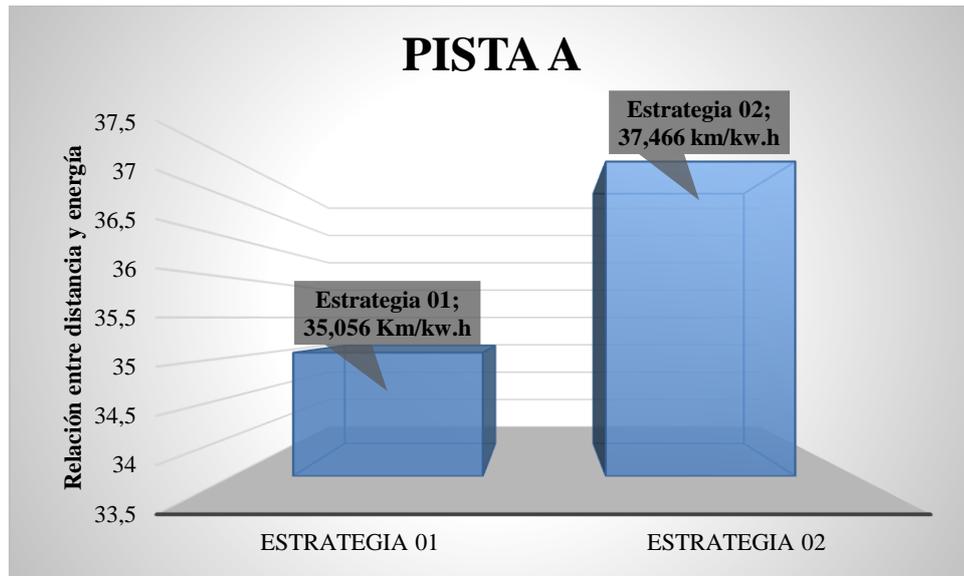


Gráfico 15-3: Comparación de la relación distancia con la energía en [km/kW.h] de las estrategias de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Pista B:

$$m_3 = 34,279 \frac{\text{km}}{\text{kW.h}}$$

$$m_4 = 42,219 \frac{\text{km}}{\text{kW.h}}$$

La Grafica 16-3. Muestra la superioridad de la variación de la distancia medida en kilómetros por cada kw.h de energía consumida de la fuente en la estrategia 02 en una pista con una inclinación de 2°.

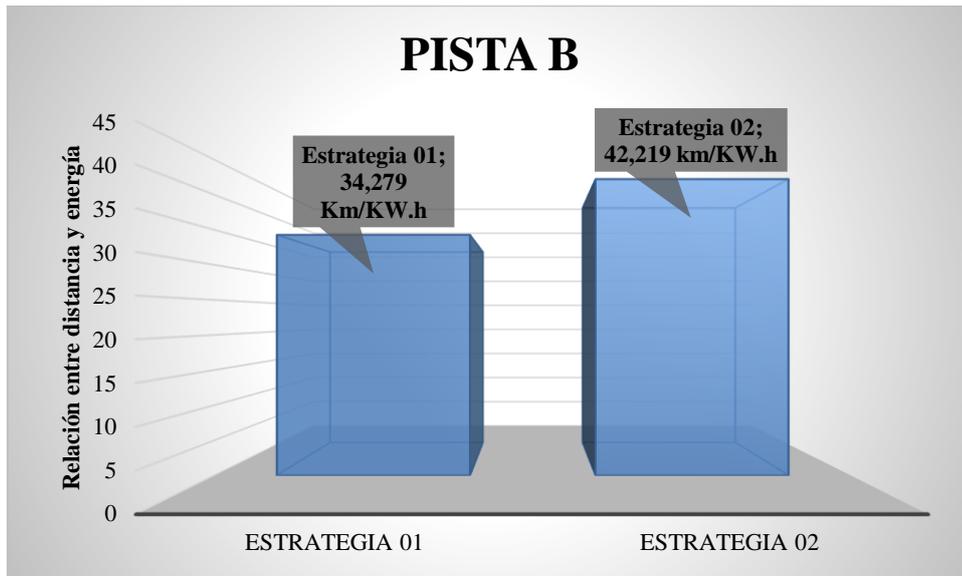


Gráfico 16-3: Comparación de la relación distancia con la energía en [km/kW.h] de las estrategias de conducción en la Pista B.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

- c) Comparación cuantitativa de la energía consumida en 6,580 km, correspondiente a la distancia establecida por la competencia eco Shell Eco Marathon.

Para este análisis se tiene como referencia los modelos matemáticos de las cuatro prácticas experimentales, las mismas que hacen referencia a la distancia en función de la energía: $d(E)$ y como dato de condición inicial se tiene la distancia de 6,580 km, requerida para la competencia.

Bajo este contexto la distancia a recorrer por el vehículo es la variable dependiente del modelo matemático, quedando como única incógnita o dato a conocer la cantidad de energía requerida para cumplir los 6,580 km. Matemáticamente se presentaría lo mencionado de la siguiente forma:

$$d(E) = m \cdot E + b \quad \text{donde: } d = 6,580 \text{ km}$$

Por tanto

$$d(E) = 6,580 = m \cdot E + b \quad \rightarrow \quad E(d) = \frac{6,580 - b}{m}$$

Al remplazar los datos específicos de cada práctica en la ecuación de energía en función de la distancia recorrida se tiene:

- Para el caso de la Pista A, se obtiene la energía necesaria para completar una distancia preestablecida de 6,580 km y se realiza una gráfica de diagrama de barras para apreciar la diferencia entre las dos estrategias en disputa por conocer cuál de ellas consume menor energía.

$$E_1(6,580 \text{ km}) = \frac{6,580 - (0,0003)}{35,056} = 0,188 \text{ kW.h}$$

$$E_2(6,580 \text{ km}) = \frac{6,580 - (0,0186)}{0,7898} = 0,176 \text{ kW.h}$$

La Grafica 17-3. Muestra a la estrategia 01 consumir mayor energía con respecto a la estrategia 02, para un mismo recorrido, por ende, se puede concluir que la estrategia 02 en la pista de inclinación 0° es más eficiente.

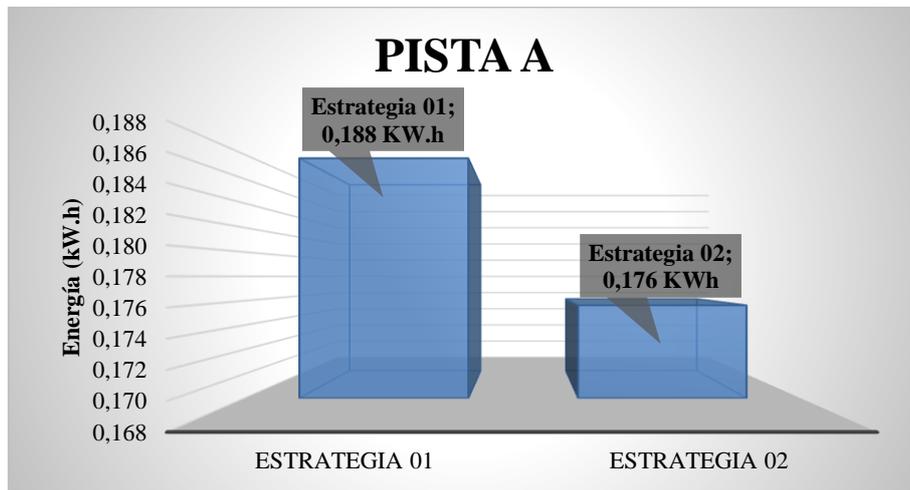


Gráfico 17-3: Comparación de energía consumida en 6,584 Km en las estrategias de conducción en la Pista A.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

- Para el caso de la Pista B, de igual forma se calcula la energía necesaria para completar la misma distancia de 6,580 km y se realiza una gráfica de diagrama de barras para apreciar la diferencia entre las dos estrategias de conducción.

$$E_3(6,580 \text{ km}) = \frac{6,580 - (0,0254)}{0,4031} = 16,260 \text{ kW.h}$$

$$E_4(6,580 \text{ km}) = \frac{6,580 - (0,0285)}{0,4877} = 13,433 \text{ kW.h}$$

La Grafica 18-3. Muestra a la estrategia 02 consumir menor energía con respecto a la estrategia 01, para un mismo recorrido, por ende, se puede concluir que la estrategia 02 en la pista de inclinación 0° es más eficiente.

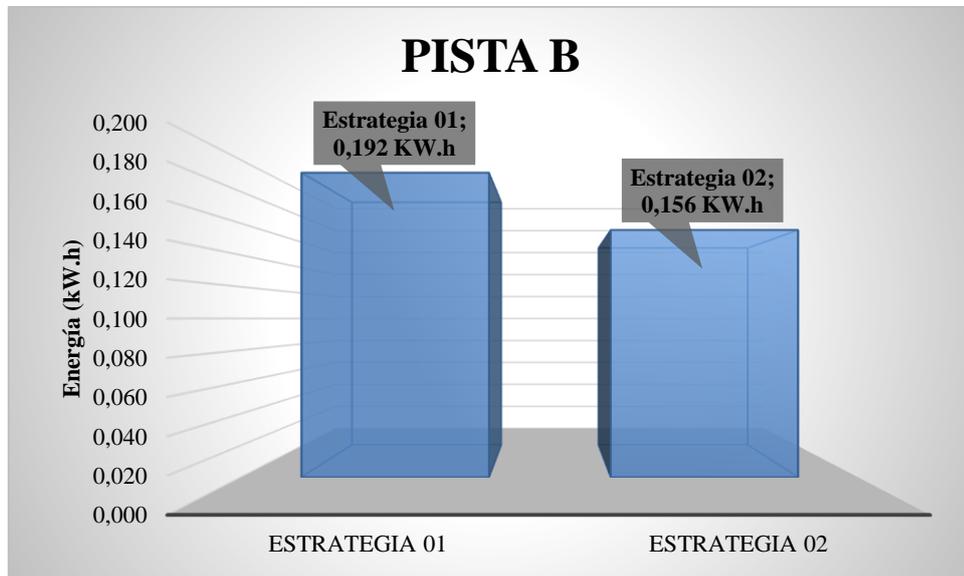


Gráfico 18-3: Comparación de energía consumida en 6,584 Km en las estrategias de conducción en la Pista B.

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

2.7.2.2. Análisis de la eficiencia del prototipo de vehículo eléctrico.

Para el análisis de la eficiencia se tiene el recurso matemático $n = \frac{E_s}{E_o}$, por tal razón se requiere hallar la energía de salida en base a datos experimentales, donde mediante el recurso matemático concerniente a energía cinemática se calculó dicha energía que desarrolla el prototipo de vehículo eléctrico, como se presenta a continuación.

$$E_c = \frac{1}{2} * m * v_i^2$$

Atendiendo este modelo matemático se calcula la energía cinética experimental instantánea. Dicho valor corresponde a la energía de salida la cual será dividido para la energía de entrada medida por el sistema telemétrico para cada instante, por tanto, se obtiene la eficiencia energética para cada instante de tiempo.

En consecuencia, como se realizó cuatro ensayos experimentales de conducción para cada uno de ellos le corresponde una eficiencia promedio instantánea como se presenta a continuación:

$$\text{Eficiencia } n = \frac{E_s}{E_o}$$

$$\text{Ensayo 01: } n_1 = 89,92$$

$$\text{Ensayo 02: } n_2 = 89,16$$

$$\text{Ensayo 03: } n_3 = 89,18$$

$$\text{Ensayo 04: } n_4 = 95,23$$

Con el objetivo de conocer la eficiencia global del vehículo, en cualquier condición de la pista probada y cual sea la estrategia utilizada de las dos presentadas se halla una eficiencia energética promedio que caracteriza el trabajo de diseño e implementación de un tren de propulsión eléctrica igual a:

$$n_p = \frac{n_1+n_2+n_3+n_4}{4} = \frac{89,92+89,16+89,18+95,23}{4}$$

$$n_p = 90,87 \%$$

Eficiencia energética del tren motriz alta, tomando en cuenta que el cuatro por ciento se pierde simplemente por el ensamblaje del motor con la rueda motriz mediante la cadena, lo que conlleva a mencionar que apenas se está perdiendo un seis por ciento en resistencia del diseño electrónico del sistema y estrategias de conducción.

CAPÍTULO IV

3. GESTIÓN DEL PROYECTO

3.1. Cronograma

A continuación, se describe las actividades i tiempos de realización del proyecto de tesis titulado: “Diseño e Implementación del Tren de Propulsión Eléctrico de un Prototipo para la Competencia Eco Shell Marathon”

Tabla 1-4: Cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto de tesis

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIMADO (EN SEMANAS)
Identificar los puntos claves del reglamento Eco Shell Maratón para el prototipo eléctrico	2 semana
Investigación bibliográfica	2 semana
Identificar las partes adecuadas del tren de propulsión	1 semana
Importar las partes del tren de propulsión	3 semanas
Instalar el tren de propulsión eléctrico en el prototipo	1 semana
Construcción de la relación de transmisión	0.5 semana
Pruebas con el prototipo	1 semanas
Recolección de resultados	0.5 semana
Análisis de resultados	2 semanas

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

3.2. Recursos en la adquisición de quipos.

Una vez ya seleccionado los equipos bajo parámetros justificados técnicamente y con el objetivo de implementar del tren de propulsión eléctrico, se procedió a realizar la compra mediante importaciones. En la Tabla 30-4, se detalla los productos adquiridos para el vehículo.

Tabla 2-4: Gastos directos.

#	Cantidad	Detalles de los productos	Precio unitario	Precio total
1	1	Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w	90	90
2	1	Driver Acelerador TDPRO YK31C	45	45
3	2	Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90)	169.95	339.9
4	1	HTRC Lipo Battery Changer Duo Discharger Dual AC150W DC240W 10A C240 1~6S	75.99	75.99
5	1	DerBlue 2pcs Fireproof Explosionproof Lipo Battery Safe Bag	10.95	10.95
6	1	Pedal del acelerador de control de velocidad, E-Bike Go Kart	18.19	18.19
7	1	Cable flexible	15	15
8	1	Borneras de conexión	4.15	4.15
9	1	Interruptor de encendido	1.60	1.60
10	3	Porta fusibles	3.15	3.15
11	50	Terminales de conexión tipo u	4	4
12	1	Caja plástica 5x6 cm	0.85	0.85
13	1	Aislante térmico	2.25	2.25
14	1	Manguera corrugada negra	3.60	3.6
15	1	Pernos, tornillos y arandelas	11.5	11.5
16	1	Remaches 3/16	1.5	1.5
17	1	Aislante anti-flama	5.5	5.5
18	1	Pintura	4.5	4.5
19	1	Lámina galvanizada	9.5	9.5
20	1	Angulo de ½	4.25	4.25
21	2	Engranajes	98.60	98.60
22	1	Acero de transmisión	3.20	3.20
23	4	Rodamientos 6302	7.2	7.2
24	1	Sistema de cambios de bicicleta	35	35
25	2	Cadenas	125	125
26	30	Amarras platicas	4.5	4.5
TOTAL				924.88

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

La Tabla 31-4, realiza un resumen de los costos de las importaciones y compras online concerniente a los gastos indirectos del proyecto.

Tabla 3-4: Gastos Indirectos

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Gastos por importación e impuestos	---	---	355.26
Accesorios por compras online	---	---	70.75
TOTAL			426.01

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

Finalmente, en la Tabla 32-4, realiza un resumen de los recursos económicos con respecto a los gastos directos e indirectos del proyecto.

Tabla 4-4: Gastos Totales

Descripción	Total
Gastos Directos	924.88
Gastos Indirectos	426.01
TOTAL	1350.89

Fuente: Autores

Realizado por: J. Morocho, J. Rivera.

CONCLUSIONES

El diseño del tren motriz eléctrico seleccionado mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados; es un motor Brushed Speed motor WPHMOTO 48v 1000w, un Driver Acelerador TDPRO YK31C y Baterías Turnigy Graphene Panther (6000mAh, 6S 75C Lipo con XT90); y conjuntamente las estrategias de conducción cumplen el objetivo de conseguir un prototipo de vehículo eléctrico eficiente en un 91%.

En la relación de transmisión se ha implementado un sistema accionado por cadena cuya relación de transmisión es $i = \frac{Z_m}{Z_s} = \frac{9}{18} = \frac{1}{2}$; relación con la cual se consigue un rendimiento del 96%.

En tal virtud el vehículo tendrá un mínimo consumo del amperaje, máximo rendimiento en la rueda motriz, preservación del estado de la batería y alta esperanza de vida con un menor ruido de la cadena.

Se ha analizado el consumo de energía en los 6,580 km que debe recorrer el vehículo en la competencia, las prácticas experimentales conllevan a concluir que la técnica adecuada de conducción ya sea en la Pista A o en la Pista B, con una inclinación de 0° y 2° respectivamente, es la que presenta una mayor tasa de variación de la distancia recorrida en [km] con respecto a la energía consumida en [kW.h], es decir se considera óptimo aplicar la Estrategia 02, misma que consiste en dar impulsos con el acelerador, a la percepción de disminución de velocidad que será determinada por el piloto.

RECOMENDACIONES

El banco de baterías debe tener protección anti flama y de volcamiento con el uso de una estructura metálica que evite averías al momento de la conducción.

Para brindar protección al sistema, tanto en el controlador de velocidad, motor y el sistema de adquisición de datos, salvaguardar a través de 3 fusibles para evitar danos en el circuito del sistema.

Para evitar el consumo excesivo de las baterías, al momento de iniciar el arranque del prototipo, de debe iniciar en las marchas altas y cuando adquiere velocidad promedio de debe bajar las marchas para alcanzar una velocidad máxima teniendo un bajo consumo de amperaje.

Identificar los cables de conexión tanto en la bornera del banco de baterías como en la bornera general entre el controlador de velocidad, motor y accesorios para evitar daños al sistema.

El banco de baterías nunca debe disminuir su carga de 44,4 voltios, caso contrario, se pierde la vida útil de cada batería o en si del todo el banco.

Se recomienda seguir el diagrama eléctrico para sus conexiones y acoplamientos con los distintos dispositivos.

GLOSARIO

Potencia: cantidad de energía o trabajo que realiza una maquina en un cierto tiempo determinado.

Voltaje nominal: la tensión nominal que no debe ser superada por un consumidor en el funcionamiento normal.

Eficiencia: cantidad de energía aprovechada por un sistema.

Vehículo eléctrico: automotor propulsado por motores eléctricos.

Prototipo: Automóvil diseñado para presentar diseños y tecnologías futuras.

Amperio: unidad de medida de la intensidad de corriente de un sistema eléctrico

Voltaje: diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, por un material conductor.

Energía: es la fuerza necesaria capaz de generar una acción o un trabajo.

Autonomía: capacidad brindar energía para ser suministrada a un sistema.

Batería LiPo: baterías recargables de ion litio, para sistemas eléctricos de gran eficiencia.

Controlador: dispositivo capaz comandar elementos electrónicos bajo un sistema operativo

BIBLIOGRAFÍA

BRUSHLESS. *Brushless.* [En línea] 2016. <http://motores.nichese.com/brushless.htm>. 2016.

CARREÑO, Elsi, et al. *Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar.* [En línea] 2016. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3957091>.

CEBRIAN, Juan. *Mecánica y Entrenimiento Simple del Automóvil.* Madrid : Ministerio Del Interior, 2016.

CUESTA, Guillermo. *PCommons.* [En línea] 23 de Septiembre de 2017. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/108997?show=full>.

HONDA. *Honda small engines.* [En línea] 5 de 10 de 2019. <https://engines.honda.com/models/model-detail/mini-4>.

IBAÑEZ. *Xataka.* [En línea] 31 de julio de 2017. <https://www.xataka.com/automovil/esto-sera-lo-proximo-en-baterias-para-coches-electricos-mas-de-650-km-de-autonomia-real>.

IGLESIAS, R, et. al, *Scribd.* [En línea] [Citado el: 17 de Octubre de 2019.] <https://es.scribd.com/document/266674134/Modelado-y-Simulacion-de-Una-Bateria-de-Ion-Litio-Comercial-Multicelda-1>.

IZRURZUN, Rodrigo; & GARCIA, Felix. *Los Coches Eléctricos.* 01 de junio de 2015, El Ecologista, pág. pg. 21.

KIM. *Contaminación del Aire Ambiental.* [En línea] 2017. https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es.

NIETO, Antonio. *Elementos De Máquina.* 2017.

QUENAYA, Edmundo. *Impacto de la contaminación del aire por el parque automotor en la población del área urbana de Arequipa 2016 – 2017.* [En línea] 2018. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7968>.

ROSERO, Darwin; & LOPEZ, Edwin. *Repositorio Universidad Técnica de Ambato.* [En línea] 2018. [Citado el: 14 de Noviembre de 2019.] <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27922>.

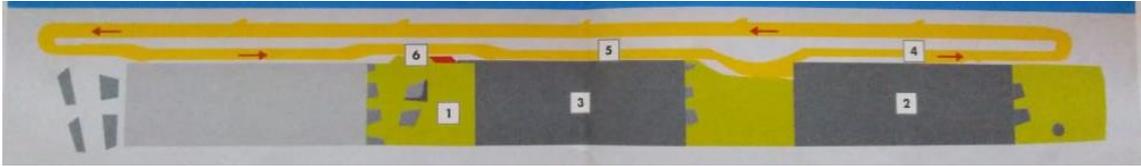
SHELL. *Shell Global.* [En línea] 2019. <https://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html>.

TURNIGY Graphene Panther. *Baterias Turnigy.* [En línea] 2019.
https://hobbyking.com/en_us/turnigy-graphene-6000mah-6s-75c-lipo-pack-w-xt90.html .

UGAULDE, Héctor. *Diseño de tren motriz para vehículo de competición en Shell Eco Marathon Americas.* [En línea] 2015. [Citado el: 15 de Octubre de 2019.]
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5991>.

ANEXOS

Anexo A. Trazado De La Pista, Brasil 2019



Anexo B. Sello Aprobación De Inspección De Seguridad Y De Seguridad 2018 -2019 Respectivamente.



Anexo C. Foto Oficial Del Equipo Que Represento A La Espoch En La Pasada Shell Eco Marathon Brasil Rio De Janeiro 2019



Anexo D. Programación Para Placa De Adquisición De Datos En El Arduino

```
#include <SD.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);

File logFile;

float voltaje=50;

//encoder

int encoderL = 2;

int Ltick = 0; // ticks del encoder izquierdo

int LtickAnt = 0; // ticks del encoder izquier anteriores

int deltaLtick = 0; // diferencia del encoder izquierdo

volatile unsigned muestreoActual = 0; // variables para definición del tiempo de
muestreo

volatile unsigned muestreoAnterior = 0;

volatile unsigned deltaMuestreo = 0;

float Ldistancia = 0; // distancia recorrida llanta izquierda

float LdistanciaT = 0; // distancia recorrida llanta izquierda

int k=1000;

float diametro=0.50;

float velocimetro=0;

float Sensibilidad=0.066; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 30A

void setup()

{

Serial.begin(9600);

lcd.init();

lcd.backlight();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("Iniciando SD ...");
```

```

pinMode(4,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);

for (int h = 1; h <= 10; h += 1)
{
    digitalWrite(4,1);
    digitalWrite(5,1);
    delay(100);
    digitalWrite(4,0);
    digitalWrite(5,0);
    delay(100);

}

if (!SD.begin(9))
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("ERROR SD");
    return;
}

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SD INICIADA");
delay(1000);
lcd.clear();

pinMode(encoderL, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(encoderL),LEncoder,FALLING);

}

void LEncoder()

```

```

{ // función de interrupción del encoder
llanta derecha

    Ltick++;

}

void loop()

{
    // Abrir archivo y escribir valor
    logFile = SD.open("datos.txt", FILE_WRITE);
    if (logFile)
    {
        float Suma=0;

        for (int h = 1; h <= 100; h += 1)
        {
            voltaje=(analogRead(A2)*5.0/1023.0);
            voltaje = 25.314*voltaje -0.5553-1.25;

            Suma=Suma+voltaje;

            delay(1);

        }

        voltaje=Suma/100;

        if(voltaje>=44)

        {

            muestreoActual = millis(); //Tiempo actual
de muestreo

            deltaMuestreo =(double) muestreoActual - muestreoAnterior; //
delta de muestreo

            if ( deltaMuestreo >= k) // se asegura el
tiempo de muestreo

            {

```

```

float I=get_corriente(200);

distanciaMedida();

velocimetro=Ldistancia/1000*3600;

muestreoAnterior = muestreoActual;

Serial.println(Ltick);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("V="+String(voltaje)+" ");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("I="+String(I));

lcd.setCursor(8,0);

lcd.print("Kmh="+String(velocimetro));

lcd.setCursor(8,1);

lcd.print("Km="+String(LdistanciaT/1000));

logFile.print(voltaje);

logFile.print(", ");

logFile.print(I);

logFile.print(", ");

logFile.print(velocimetro);

logFile.print(", ");

logFile.print(LdistanciaT/1000);

logFile.print(", ");

logFile.println((voltaje*I)*3600/1000);

logFile.close();

}

}else

{

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("BATERIA BAJA ");

lcd.setCursor(0,1);

```

```

        lcd.print("v="+String(voltaje)+" ");

        for (int h = 1; h <= 10; h += 1)
        {
            digitalWrite(4,1);
            digitalWrite(5,1);
            delay(100);
            digitalWrite(4,0);
            digitalWrite(5,0);
            delay(100);
        }

    }

    logFile.close();
}

else {

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Error al abrir el archivo");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" ");
    for (int h = 1; h <= 10; h += 1)
    {
        digitalWrite(4,1);
        digitalWrite(5,1);
        delay(100);
        digitalWrite(4,0);
        digitalWrite(5,0);
        delay(100);
    }
}

```

```

    }

}

}

float get_corriente(int n_muestras)
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
        voltajeSensor = analogRead(A7) * (5.0 / 1023.0);///lectura del sensor
        corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
    return(corriente);
}

void distanciaMedida()
{
    deltaLtick = Ltick - LtickAnt;

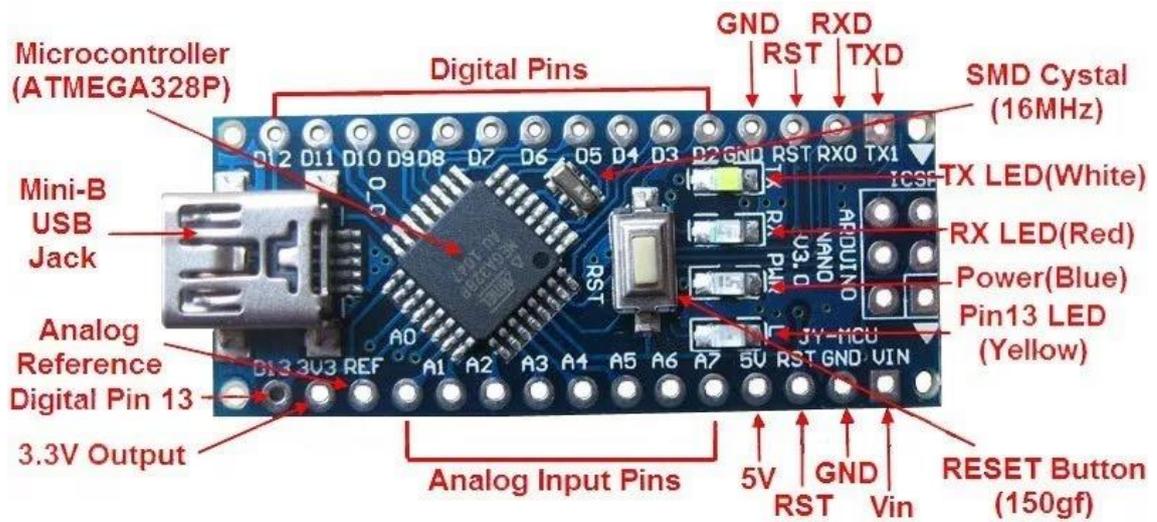
    Ldistancia = PI*diametro*(deltaLtick/(double) 4);
    LdistanciaT = PI*diametro*(Ltick/(double)4);
    LtickAnt = Ltick;
}

```

Anexo F. Datasheet De LCD 16X2

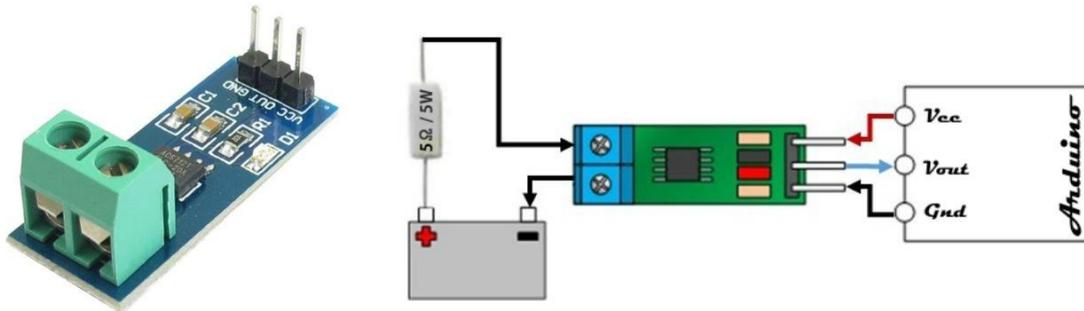


Anexo G. Arduino Nano CH 310



Anexo H. Datasheet Sensor De Corriente ASC 712 (30 AMPERIOS)

ACS712 :



Midiendo corriente continua.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 01 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombre – Apellido: Jaime Patricio Morocho Ganzhi José Francisco Rivera Altamirano
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
f. Documentalista responsable: