



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA, Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ELECTROMOVILIDAD CON ENERGÍA NETA ZERO
PARA DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: EDISON ADRIÁN SOTAMBA CHIMBO

DIRECTOR: ING. ELEC. JUAN CARLOS COBOS TORRES, PHD.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELECTROMOVILIDAD CON ENERGÍA NETA ZERO PARA
DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

AUTOR: EDISON ADRIÁN SOTAMBA CHIMBO

DIRECTOR: ING. ELEC. JUAN CARLOS COBOS TORRES, PhD.

CUENCA - ECUADOR

2022

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Edison Adrián Sotamba Chimbo portador de la cédula de ciudadanía N° **0350159695**. Declaro ser el autor de la obra: **“Electromovilidad con Energía Neta Zero para Docentes de la Universidad Católica de Cuenca”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **14 de julio de 2022**

F: 

Edison Adrián Sotamba Chimbo

C.I. 0350159695

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por el estudiante Edison Adrián Sotamba Chimbo bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Cobos Torres', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Elec. Juan Carlos Cobos Torres, PhD.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es el resultado de largas horas de esfuerzo, dedicación y sacrificio. Con el único objetivo de alcanzar un sueño en mi vida y una etapa más para el inicio de mi carrera profesional.

Dedico con mucho cariño y amor este trabajo a mis queridos padres: Sr. Segundo Bacilio Sotamba Lazo y Sra. Elisa Mercedes Chimbo Quizphi, quienes siempre estuvieron apoyándome incansablemente, para que pueda concluir con felicidad este período en mi vida.

Agradezco a mis hermanos Cristian, Gloria, Elisa, Carlos y a toda mi familia por siempre estar apoyándome con sus palabras, dándome ánimo, fuerzas para nunca rendirme y siempre salir adelante. Ahora, valoro cada una de sus palabras y consejos para cumplir con mi objetivo y convertirme en profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi familia, mi madre Elisa Chimbo, mi padre Segundo Sotamba, que me apoyaron en cada momento, dándome una mano en los buenos y malos momentos de mi vida. A lo largo del tiempo han sacrificado muchas cosas para que pueda seguir adelante y culminar todas mis etapas estudiantiles con éxito. Me enseñaron todos los valores para ser una persona de bien, humilde, siempre dar todo de mí, cumplir con todo lo que me proponga en la vida, y nunca rendirme ante ninguna adversidad que se presente en el camino, ¡Por todo eso gracias familia!

Agradezco a mis profesores, que en todos estos años de educación me brindaron su conocimiento y sabiduría para poder aplicarlos en la práctica y en mi vida laboral. Gracias a mi tutor ING. JUAN CARLOS COBOS por toda la ayuda brindada, por su gentileza en abrirme las puertas de la Facultad de Posgrados de la Universidad y así poder finalizar con éxito esta etapa de mi vida estudiantil.

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca por una educación de calidad, con un alto nivel académico. Gracias a su educación podré destacarme en el ámbito laboral como un excelente profesional y un gran emprendedor en los trabajos y áreas en las cuales me desempeñe.

RESUMEN

La emisión de gases contaminantes se deriva principalmente del uso de combustibles fósiles, que se produce en la quema del carbón, petróleo y en el desplazamiento de los automóviles. Hoy en día, se buscan soluciones que contribuyan con el cuidado del medio ambiente. En el transporte, varias industrias han optado en la fabricación de vehículos eléctricos (VE), cuyo principal beneficio es la emisión baja de contaminantes. Un reciente trabajo efectuado en la Universidad Católica de Cuenca fue la implementación de un panel solar en un vehículo eléctrico, como fuente de alimentación de los distintos dispositivos eléctricos, electrónicos y carga de baterías.

El propósito de esta investigación fue la mejora del sistema de carga fotovoltaico y equalización de carga de baterías para aumentar la autonomía energética del VE. Se ha desarrollado un sistema embebido con sensores, actuadores y microcontroladores, que conjuntamente determinan que batería necesita ser recargada. Además, se ha seleccionado distintas rutas que son utilizadas diariamente por los docentes Universitarios, con la finalidad de analizar el funcionamiento y la eficiencia del prototipo.

Los resultados expresan que el panel solar junto con una carga inicial del VE permite una autonomía de 15 km diarios de recorrido, siempre y cuando el VE permanezca estacionado y recargándose durante la jornada laboral del Docente.

Con esto se demuestra que los Docentes de la UCACUE pueden realizar una movilidad Neta Zero desde sus viviendas hasta sus lugares de trabajo con una inversión aproximada de \$7000, la cual podría ser cofinanciado por la Universidad.

Palabras clave: energía neta zero, panel fotovoltaico, energía solar, vehículo eléctrico

ABSTRACT

The emission of polluting gases is mainly the result of using fossil fuels, which are produced from burning coal, oil, and automobile transportation. Nowadays, there is a need to find solutions that contribute to protecting the environment. In transportation, several companies have turned to manufacture electric vehicles (EVs), which offer low pollutant emissions as a key benefit. A recent study at the Catholic University of Cuenca was based on installing a solar panel on an electric vehicle as a power source for its various electrical and electronic devices and for recharging its batteries.

This research aimed to improve the photovoltaic charging and battery balancing system to increase the autonomy of the EV. An integrated system has been developed with sensors, actuators, and microcontrollers, which determine which battery needs to be recharged. In addition, several daily routes used by university teachers have been selected to analyze the performance and efficiency of the prototype.

The results show that the solar panel combined with an initial charge of the EV provides an autonomy of 15 km daily travel time, as long as the EV remains parked and recharged during a teacher's workday.

The aforementioned demonstrates that UCACUE teachers have Zero Net mobility between their homes and workplaces with an investment of about \$7000, which could be co-financed by the University.

Keywords: net zero energy, photovoltaic panel, solar energy, electric vehicle

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Antecedentes de la Investigación.	2
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Delimitaciones	4
CAPÍTULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Electromovilidad	5
2.2. Motores Eléctricos	5
2.3. Generador síncrono	6
2.4. Fuentes de energía más comunes a nivel mundial	6
2.5. Importancia del análisis de la calidad de energía	7
2.6. Energía Renovable	8
2.7. Situación energética renovable en el Ecuador.	9
2.8. Energía Fotovoltaica	9
2.9. Radiación solar en la ciudad de Cuenca	11
2.10. Vehículo Eléctrico	12
2.10.1. Tipos de vehículos eléctricos	12
2.10.2. Características del VE	13
2.10.3. Funcionamiento de los vehículos eléctricos	14

2.10.4.	Partes de un VE	15
2.10.5.	Vehículos eléctricos con paneles fotovoltaicos.	19
2.10.5.1.	Historia de los vehículos solares	20
2.10.5.2.	Generalidades sobre los vehículos solares.	22
2.10.5.3.	Ventajas y desventajas.....	24
2.10.5.4.	Partes de un vehículo solar.....	26
2.10.5.5.	Vehículos solares en el siglo XXI.....	27
2.11.	Electrónica para medición de variables del VE.....	29
2.11.1.	Resistencia Shunt	29
2.11.2.	Módulo HC-05.....	31
2.11.3.	Módulo ADS 1115	31
2.11.4.	Power Bank.....	32
2.11.5.	Módulo relé de 8 canales	32
2.11.6.	Arduino Mega 2560	32
CAPÍTULO 3.....	34	
3. MARCO METODOLÓGICO.....	34	
3.1.	Enfoque de la Investigación	34
3.2.	Nivel de la Investigación.	34
3.3.	Población y Muestra.....	34
3.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección.....	35
3.4.1.	Investigación bibliográfica y documental	36
3.5.	Desarrollo de la Propuesta	36
3.6.	Adecuación del vehículo eléctrico.	37
3.6.1.	Descripción actual del estado del vehículo eléctrico.	37
3.6.2.	Cambios realizados en el sistema de carga para el VE.....	38
3.7.	Realización de rutas.....	41
3.8.	Análisis de datos	41
CAPÍTULO 4.....	43	
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	43	
4.1.	Muestra poblacional de los docentes de la Universidad Católica Matriz Cuenca	43
4.2.	Localización de direcciones de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca.....	44
4.2.1.	Rutas realizadas de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca	44
4.2.2.	Direcciones marcadas en Google Earth Pro de forma global	45

4.2.3.	Rutas por carreras	48
4.3.	Implementación de los componentes en el VE.....	56
4.3.1.	Panel solar fotovoltaico.....	56
4.3.2.	Resistencia shunt.....	56
4.3.3.	Módulo ADS1115.....	57
4.3.4.	Módulo HC-05	58
4.3.5.	Módulo relé de 8 canales.....	59
4.3.6.	Arduino nano y Power Bank	59
4.3.7.	Circuito de carga armado con todos los componentes	60
4.4.	Recolección y análisis de datos obtenidos durante recorrido de rutas. .	62
4.4.1.	Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta corta. 63	
4.4.2.	Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta intermedia.....	65
4.4.3.	Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta larga. 69	
4.5.	Valores de los datos de los días analizados	72
4.5.1.	Días con menor carga aportada al VE.....	73
4.6.	Promedio anual de [kWh/m ² /día].....	77
4.7.	Presupuesto para la adquisición de un VE con la implementación de un sistema de carga mediante un panel fotovoltaico	79
4.8.	Análisis de costo beneficio entre un VE y un vehículo de combustión...81	
4.9.	Rutas que el VE puede movilizarse con energía neta Zero	81
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES.....		85
BIBLIOGRAFÍA.....		86
ANEXOS		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar por meses en la ciudad de Cuenca-Ecuador.	11
Tabla 2. Análisis de cuantos docentes existen en cada carrera de la UCACUE.	42
Tabla 3. Análisis de cuantas rutas se realizan mediante la fórmula del muestreo.....	43
Tabla 4. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta corta.....	64
Tabla 5. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.	65
Tabla 6. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta intermedia.	67
Tabla 7. Promedios de potencia de generación, potencia consumida en ruta intermedia, potencia consumida por Km y distancia de autonomía.	67
Tabla 8. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta Intermedia.	68
Tabla 9. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.	68
Tabla 10. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta larga.....	70
Tabla 11. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta larga, energía consumida por Km y distancia de autonomía.	71
Tabla 12. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta larga.....	72
Tabla 13. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.	72
Tabla 14. Valores de producción (W) en los días con menor carga aportada.	74
Tabla 15. Valores de producción (W) en los días mayor carga aportada.	75
Tabla 16. Datos de producción (W) durante el mes de mayo del 2022.	76
Tabla 17. Promedio anual de [kWh/m ² /día].....	78
Tabla 18. Costos de consumo entre un VE y de combustión.....	78
Tabla 19. Costos del VE y sistema de carga media panel fotovoltaico.	79
Tabla 20. Datos de consumo de combustible.	81
Tabla 21. Cálculo de amortización del VE.	81
Tabla 22 Rutas que se puede movilizarse con el VE	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de energía más comunes.	7
Ilustración 2. Ventajas de las energías renovables.....	8
Ilustración 3. Tipos de módulos fotovoltaicos.	10
Ilustración 4. Tipos de vehículos eléctricos.	13
Ilustración 5. Características de vehículos eléctricos.	14
Ilustración 6. VE con panel solar policristalino (156x80 cm).	15
Ilustración 7. Distribución de pines del conector.....	16
Ilustración 8. Diagrama de un inversor.....	16
Ilustración 9. Función principal del BMS.....	17
Ilustración 10. Tipo de fuentes para cargar un VE.....	17
Ilustración 11. Vehículo con cargador bidireccional.....	18
Ilustración 12. Batería o banco de baterías.	18
Ilustración 13. Vehículo solar.	20
Ilustración 14. Primer vehículo solar desarrollado en 1955	20
Ilustración 15. Vehículo solar construido por The International Rectifier Company en 1958.	21
Ilustración 16. Vehículo solar construido por Alain Freeman en 1979.	21
Ilustración 17. Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo.....	23
Ilustración 18. Estructura general de un panel solar.....	23
Ilustración 19. Ciclo recomendado de descarga para una batería solar.	24
Ilustración 20. Emisiones de CO2 por Km2 para diferentes tipos de vehículos en Japón.....	25
Ilustración 21. Partes de un vehículo solar.....	26
Ilustración 22. Hyundai Motors Sonata.....	28
Ilustración 23. Toyota Prius plug-in.	28
Ilustración 24. Lightyear One presentado en el CES 2022.	29
Ilustración 25. Resistencia Shunt.	29
Ilustración 26. Medición de una corriente mediante una resistencia Shunt.....	30
Ilustración 27. Resistencia Shunt conectado en serie en las baterías y en el panel solar.....	30
Ilustración 28. Características del módulo HC-05.....	31
Ilustración 29. Módulo ADS1115.....	31
Ilustración 30. Power Bank.....	32
Ilustración 31. Módulo relé de 8 canales.	32
Ilustración 32. Características de Arduino Mega 2560.	33

Ilustración 33. Fórmula del muestreo.	34
Ilustración 34. Herramientas informáticas para la realización del trazado de las ubicaciones de los docentes de la UCAUE.	35
Ilustración 35. Representación de ruta domicilio docentes – Universidad y viceversa a realizar con el VE.....	36
Ilustración 36. Componentes que se encontraron en el VE.....	38
Ilustración 37. Componentes del circuito de carga mediante el panel fotovoltaico.....	40
Ilustración 38. Componentes del circuito de carga mediante el panel fotovoltaico.....	41
Ilustración 39. Ubicación de direcciones y planificación de rutas.....	45
Ilustración 40. Trazado de todas las rutas y direcciones.	45
Ilustración 41. Rutas designadas para el recorrido con el VE.....	46
Ilustración 42. Detalle de las propiedades de una ruta marcada.	46
Ilustración 43. Aplicación utilizada para el cambio de formatos de GPX a CSV.....	47
Ilustración 44. Ruta graficada, se representa la distancia y ecuación de la línea de tendencia.	47
Ilustración 45. Rutas de docentes de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.	48
Ilustración 46. Rutas de docentes de Ingeniería Civil.	49
Ilustración 47. Rutas de docentes de Ingeniería Ambiental.	49
Ilustración 48. Rutas de docentes de Arquitectura.	50
Ilustración 49. Rutas de docentes de Arquitectura y Urbanismo.....	50
Ilustración 50. Rutas de docentes de Medicina.	51
Ilustración 51. Rutas de docentes de Enfermería.	52
Ilustración 52. Rutas de docentes de Odontología (UCACUE).....	53
Ilustración 53. Rutas de docentes de Bioquímica y Farmacia.....	54
Ilustración 54. Rutas de docentes de Psicología Clínica.	54
Ilustración 55. Panel solar fotovoltaico ubicado en el VE (UCACUE).	56
Ilustración 56. (a) Resistencia Shunt, (b) Ubicación e implementación de la resistencia Shunt entre el panel solar y el regulador de carga.	57
Ilustración 57. (a) Resistencia Shunt, (b) Ubicación e implementación de la resistencia Shunt entre el banco de baterías y carga total del VE.....	57
Ilustración 58. (a) Módulo ADS1115 (b), (c) Conexión del módulo ADS 1115.	58
Ilustración 59. Ubicación e implementación de dos módulos Bluetooth HC-05.....	59
Ilustración 60. (a) Módulo relé de 8 canales (b) Conexión del módulo relé de 8 y 2 canales.	59
Ilustración 61. (a) Arduino Nano, (b) Power Bank.....	60
Ilustración 62. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.	61
Ilustración 63. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.	61

Ilustración 64. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.	62
Ilustración 65. Ruta seleccionada en distancia corta de la carrera de Ing. Eléctrica. .	63
Ilustración 66. Ruta agrupada en distancia media de la carrera de Ing. Eléctrica.	66
Ilustración 67. Ruta agrupada en distancia larga de la carrera de Ing. Eléctrica.....	69
Ilustración 68. Valores de producción (W/d) durante el mes de mayo del 2022, a) Primera semana, b) Segunda semana, c) Tercera semana, d) Cuarta semana, e) Quinta semana.	73
Ilustración 69. Representación gráfica de producción (W/d) en los días menor carga aportada.	74
Ilustración 70. Representación gráfica de producción (W) en los días mayor carga aportada.	75
Ilustración 71. Datos de producción (W) mediante una gráfica durante el mes de mayo del 2022.	77
Ilustración 72. Ventajas que tiene el VE, y no el vehículo de combustión.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Código Arduino ecualizador de secuencia de carga del VE	91
ANEXO 2. Datos en Excel para graficar la ruta correspondiente al Ing. Juan Carlos Cobos	94
ANEXO 3. Datos para graficar la ruta correspondiente al Ing. Diego Morales.....	95
ANEXO 4. Rutas diseñadas en Google Earth	96
ANEXO 5. Inclinación de las rutas diseñadas mediante Google Earth.....	96
ANEXO 6. Datos registrados en la micro SD, durante los recorridos realizados por el VE	97
ANEXO 7. Secuencia de carga del banco de baterías	98
ANEXO 8. Instalación del ecualizador de carga para el VE	99
ANEXO 9. Enlace a la plataforma Google Drive donde se encuentra el detalle de todos los anexos	100

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se investigó y calculó un sistema solar fotovoltaico, con el propósito de establecer el requerimiento energético que sea utilizable para la movilidad de un vehículo eléctrico (VE). En la actualidad, la mayoría de vehículos eléctricos son fabricados solo para competencias, ya que sus costos son demasiado elevados. La alta demanda energética y el agotamiento de las fuentes de combustibles fósiles son el principal problema ambiental. Como una alternativa se está incrementando la producción de vehículos eléctricos, como una solución a esta problemática.

De esta manera, se aprovecha el sol que es una fuente de energía inagotable. El diseño y cálculo de un sistema fotovoltaico capaz de absorber la mayor cantidad de radiación solar posible y sea implementado para la electromovilidad, se encuentra en auge en la actualidad. La idea es poder generar suficiente cantidad de energía eléctrica para lograr mantener con carga un VE y así ya no depender de energías fósiles. Las prácticas de movilidad responsable se basan en el impacto ambiental que generan.

El avance de la tecnología permite desarrollar una nueva forma de movilización, mediante el VE que es completamente sostenible, el cual es utilizado ya sea en beneficios de empresas dentro de la ciudad de Cuenca o para la movilidad de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca, de esta manera se pretende concientizar a la población sobre la movilización mediante vehículos eléctricos con energía renovable.

El funcionamiento de los vehículos eléctricos va a repercutir positivamente en la reducción de la contaminación en la ciudad de Cuenca, estudios han revelado que la huella de carbono que deja la energía proveniente de fuentes renovables como el sol, es la mitad que de un coche de combustión interna. Dentro de nuestro ecosistema encontramos diferentes fuentes de energía uno de ellos es el sol, que, a través de celdas o paneles solares, transforma la energía lumínica en energía eléctrica. La cual, puede ser almacenada en baterías. Gracias a esto se puede acumular la energía que requiere el VE para su funcionamiento normal.

Las fotolineras son una fuente de energía muy eficiente para la recarga de vehículos eléctricos mediante el sol y es considerado como una de las fuentes de energía renovables que más desarrollo está experimentando en los últimos años, generando mayor expectativa para el futuro. A partir de esta idea, se ha instalado en el VE de la Jefatura de Posgrados un panel solar, para cargarlo mientras está expuesto a la radiación solar.

La ocupación de los vehículos de transporte personal, generalmente es solo de un 15% del día, es decir un promedio de dos horas, para realizar el transporte de las personas a sus trabajos o cualquier otra actividad; mientras tanto, el resto del día pasan estacionados. Por lo tanto, se podría aprovechar la energía lumínica disponible para recargar sus baterías.

Las industrias automotrices han cambiado su perspectiva, tomando como una alternativa las fuentes energéticas renovables, debido a la problemática que está afectando fuertemente nuestro planeta, por el alto grado de contaminación producido por el uso de combustibles fósiles; adicionalmente, son recursos no renovables que se están agotando sus reservas a nivel mundial. Por ello, se está dando soluciones con los vehículos eléctricos, vehículos híbridos y con otros tipos de alimentación para la movilidad de dicho vehículo. Los nuevos sistemas de los vehículos eléctricos están promovidos por la necesidad de la economía y para la reducción de la polución. También para poder controlar los diferentes componentes del vehículo se necesita una cantidad de energía eléctrica que sea una fuente fiable e inagotable.

El objetivo del presente trabajo es demostrar que es posible conseguir una movilidad con autonomía total (movilidad Zero), mediante una recarga energética solar para el funcionamiento de un automóvil eléctrico, mediante paneles solares. Destinado al transporte o uso personal de docentes de la Universidad Católica de Cuenca, y de esta manera tener un medio de transporte totalmente ecológico para los docentes de la Universidad desde sus domicilios hasta sus dependencias de trabajo.

CAPÍTULO 1

A lo largo de este proyecto se detalla cada uno de los puntos propuestos para esta investigación, y se da a conocer las diferentes temáticas hasta obtener los resultados que se han planteado.

1.1. Planteamiento del Problema

El sector de transporte público y privado en Ecuador presenta grandes retos que deben ser abordados con urgencia. Uno de ellos es el nivel de contaminación, producto de la falta de regulaciones ambientales, la pobre aplicación de las que existen y la mala organización en el sistema de transporte. Así, como expresa el (EL UNIVERSO, 2019) en los análisis realizados durante este último año se ha evidenciado cambios, especialmente en el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂) y el material particulado.

Una solución es la implementación de vehículos eléctricos, pero a su vez presentan grandes desafíos. El primero, requieren de una masificación de electrolinerías y el segundo, existe un limitante de su autonomía. En el caso de las electrolinerías, en el país se han instalado estaciones de este tipo por iniciativa privada. Así, Kia ha colocado 16 electrolinerías gratuitas (El Comercio, 2019), desde la página de (VARUS, 2018) se puede ver las estaciones de carga antes mencionadas en la ciudad de Quito, cuatro Guayaquil, dos en Cuenca y una en Loja. Cada una puede tener distinto tipo de conector y la velocidad de carga; por lo cual, las variedades de conectores son difíciles de implementar a nivel de país. Por ello, actualmente se está trabajando en una homologación para este tipo de conectores. Por otro lado, la autonomía de los vehículos eléctricos es un limitante, dependiendo del fabricante se puede encontrar una autonomía de 50km hasta autonomías mayores a los 300 Km. Claro, esto también definirá el precio del vehículo, generalmente marcas como Dayang (China), Hanteng (China) y el Soul de la surcoreana Kia son comercializados en la región con precios módicos. Los precios van de USD 7 112 (pequeños con una autonomía de 50 km) a 34 990 (cuatro pasajeros con autonomía entre 160 y 200 km). Esta autonomía no es un problema si el vehículo sirve como medio de transporte para movilizarse dentro de rutas cortas, y si el vehículo se encuentra mayormente estacionado. Tiempo en el cual, se podría aprovechar para que almacene energía proveniente de la radiación solar.

1.2. Formulación del Problema

Los gases contaminantes que son emitidos por los vehículos de combustión interna, preocupan a la población; por ello, se crean iniciativas para buscar nuevas formas de evitar la contaminación. Para esto, se ha creado el VE como medio de transporte amigable con la naturaleza; aunque aún, se utilizan energías no renovables para generar energía eléctrica, con la cual se recarga los vehículos eléctricos.

Por eso, la presente investigación busca demostrar que es posible lograr la autonomía energética de un VE, incorporando un panel solar; el cual es, usado como medio de transporte personal de los docentes de la UCACUE. El vehículo en mención recarga sus baterías mediante un sistema de ecualización de carga, alimentado por dicho panel solar. Para demostrar la factibilidad del proyecto, se realizan experimentos y estudios tanto teóricos como prácticos, con el objetivo que el VE funcione con la carga del panel solar. El vehículo utilizado para transportar a los docentes desde sus hogares a las dependencias de la Universidad y viceversa, utiliza únicamente la carga obtenida mediante el panel solar, el cual generan energía eléctrica durante las horas que los docentes se encuentran laborando, por lo que no hay necesidad de realizar cargas eléctricas adicionales mediante un toma eléctrico convencional.

Se analiza las respectivas pruebas mediante una investigación experimental en las diferentes rutas de los docentes de la Universidad. Para el funcionamiento del VE se cuenta con la carga obtenida mediante la alimentación de un panel solar, que se encuentra en la parte superior del vehículo. Además, se investiga todas las trayectorias de las diferentes rutas, para saber cuál sería la más corta, media, y larga; también, se deberá analizar las rutas más críticas (las cuales tengan más pendientes y tráfico). Con esto se puede saber si el vehículo puede circular, si se carga mediante las horas que el docente se encuentre trabajando. Finalmente se investigará el proceso de carga, para saber si es lo suficiente para que el vehículo circule el trayecto de regreso del docente a su domicilio y que abastezca hasta el siguiente día, que sería la ruta desde su domicilio hasta su lugar de trabajo. También, mediante experimentos se realiza las respectivas simulaciones para estimar los costos y los consumos energéticos del VE.

1.3. Antecedentes de la Investigación.

Se realizó una investigación experimental, para determinar la factibilidad de aprovechar este potencial energético, mediante pruebas de recorrido y tiempos de carga del vehículo eléctrico de la Jefatura de Posgrados, el cual actualmente cuenta con un

sistema de ecualización de carga, mediante un panel fotovoltaico. Entonces, en base a este sistema, analizar si es capaz de brindar la energía necesaria para que los docentes se movilicen desde sus hogares hasta sus dependencias de trabajo; de esta manera aprovechar la carga solar de 8 horas diarias, referente a la Jornada de trabajo. Se espera que sea un tiempo suficiente para mantener en óptimo estado las baterías del VE.

Para seleccionar las rutas o trayectorias, primero se realiza el levantamiento de la ubicación de los hogares de los docentes de la UCACUE; después, se calcula la ruta más larga, media, y la más corta, para así, estimar el rendimiento y eficiencia del VE en estas trayectorias; posteriormente, se tiene que tomar en consideración otros factores como las pendientes y el tránsito en ciertas rutas de los docentes, ya que esto podría afectar la autonomía del VE. Finalmente, se cuantifica los beneficios ambientales y económicos que significaría la implementación de una flota de vehículos eléctricos para el transporte de los docentes.

1.4. Justificación de la investigación

En el presente trabajo se analiza la implantación del método científico como esquema de investigación, para demostrar el nuevo cambio de la energía eléctrica, se da debido a que se está implementando nuevas fuentes de energía renovables, que se utilizan como un medio confiable para el desarrollo y la sostenibilidad de los vehículos eléctricos. La principal fuente de energía sería mediante la radiación solar, una vez que es captada en los paneles solares, se convierte en energía eléctrica para el funcionamiento de nuestro VE.

Nuestro principal propósito es desarrollar una metodología adecuada para lograr eficiencia energética para nuestro VE, es decir, tener una fuente de carga a base de energía renovable con paneles solares. Uno de los principales motivos para desarrollar este trabajo es incentivar a generar cambios, mediante la utilización de consumo de las energías renovables, ya que son fuentes de mejor calidad y menos contaminantes para el medio ambiente y de esta manera promover el uso de este tipo de fuentes energéticas para vehículos que utilizamos a diario como un medio de transporte.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Demostrar la posibilidad de utilizar el VE como medio de transporte para el personal de la UCACUE, con autonomía energética de la red eléctrica mediante un sistema ecualización y carga de baterías con panel solar, para obtener una electromovilidad neta Zero desde los domicilios hasta las dependencias y viceversa del personal docente.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Buscar información científica sobre electromovilidad, energía neta Zero y energías renovables, mediante repositorios bibliográficos de calidad para contar con información actualizada y de calidad.
- Determinar las rutas a ser recorridas con el VE, mediante la realización de planos con las ubicaciones de los docentes de la Universidad, determinación de pendientes y tráfico para contar con las rutas más significativas y críticas para el análisis.
- Realizar el recorrido de las rutas más significativas y críticas con el vehiculó de la Jefatura de Posgrados, para obtener datos de carga y descarga de las baterías del VE.
- Analizar los datos obtenidos mediante un análisis estadístico y de simulación, para poder emitir juicios y comentarios sobre la factibilidad de tener una flota de vehículos eléctricos con electromovilidad neta Zero, para docentes de la Universidad Católica de Cuenca.
- Redactar el informe de la investigación incluyendo conclusiones y recomendaciones.

1.6. Delimitaciones

En el presente trabajo de investigación se implementa un sistema de energía limpia y autosustentable para la alimentación de un VE. De esta manera se comprueba si la radiación solar aprovechada durante las jornadas de trabajo es suficiente y si estando el vehículo estacionado sirve como suministro necesario para una autonomía del VE.

De esta forma empezar a generar cambios mediante energía sustentable, reduciendo los gases producidos por los autos de combustión interna, optando por los vehículos eléctricos con autonomía energética mediante paneles solares y de esta manera generar un impacto positivo en el medio ambiente.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Electromovilidad

La electromovilidad hace referencia al uso de vehículos eléctricos, que utilizan como combustible la electricidad, energía que permite funcionar uno o más motores eléctricos. Debido al impacto negativo del uso de motores de combustión interna, tanto para el medio ambiente como por el costo de los combustibles, la electromovilidad se ha posicionado como una alternativa válida para contribuir a una mayor eficiencia energética y por su aporte a la reducción de emisiones contaminantes; al hacer uso de fuentes alternas a los combustibles fósiles. Los grandes avances tecnológicos en la fabricación de baterías de ion de litio, ha permitido que los costos de fabricación disminuyan (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018; Varela-Chávez, 2020).

Existen más de 3 millones de vehículos eléctricos en el mundo. Los países líderes a nivel mundial con más vehículos eléctricos son China y Estado Unidos, a estos le siguen países como, Reino Unido, Francia, Canadá, Noruega, Japón, Suecia e Islandia (Carbajal Cabrera & Acosta Cornelio, 2021).

Dentro de la electromovilidad existen dos tipos de tecnología, las cuales son:

- El auto con batería de ion-litio que requiere una carga eléctrica de varias horas.
- El auto de celdas de baterías (fuel cell) que genera la electricidad con el combustible que es el hidrogeno, esto permite mover el motor eléctrico (Bazante, 2020).

2.2. Motores Eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas que permiten convertir corriente directa (DC) o corriente altera (AC) en movimiento, generalmente rotacional. El avance de la tecnología ha permitido mejor la fabricación e implementar nuevos mecanismos con el propósito de hacer motores eléctricos más eficientes. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante campos magnéticos. Está conformado por un estator que es la parte fija del motor, así como por un rotor o parte móvil la cual permite la rotación. Generalmente, está constituido por láminas de acero al silicio lo que permite el paso del flujo magnético (Carbajal Cabrera & Acosta Cornelio, 2021).

Los motores eléctricos se clasifican en los siguientes tipos:

- Motores de corriente continua
- Motores de corriente alterna
- Síncronos
- Asíncronos o de inducción (Consejo Nacional de Energía de El Salvador, 2018).

Un motor eléctrico presenta diversas ventajas frente a un motor de combustión, son de menor tamaño, menor peso y presentan una mayor sencillez, además de las ventajas medioambientales al disminuirse las emisiones de CO₂ (Carbajal Cabrera & Acosta Cornelio, 2021).

2.3. Generador síncrono

El funcionamiento de una máquina síncrona se basa en la ley de Faraday. El rotor se encuentra acoplado físicamente a una fuente de energía mecánica, a través de un eje de torsión. Los devanados que se localizan en el rotor son excitados con corriente de campo creando un campo magnético estático. El rotor gira por acción del acople mecánico, entonces los devanados de campo inducen corriente en los devanados de armadura. Durante este proceso la corriente deja de ser directa y se vuelve alterna (Cortés Bolívar & Orjuela Tirano, 2020).

Las máquinas síncronas se clasifican en dos tipos al tipo arreglo rotor- estator:

- Armadura giratoria se encuentra en el rotor y el campo magnético en el estator.
- Campo giratorio se encuentra el estator y el campo magnético en el rotor. (Tapia, 2019).

El sincronismo de una máquina rotatoria es debido a que la velocidad de giro del campo magnético, se sincroniza con la velocidad de giro del rotor. La velocidad de este tipo de máquinas se relaciona a la frecuencia de operación. Si el trabajo se realiza de forma independiente a la red, la frecuencia depende del número de polos y la velocidad de giro del rotor. Por otro lado, si el trabajo es realizado de manera sincronizada con la red, la velocidad será un factor dependiente de la frecuencia definida por el operador de red (Cortés Bolívar & Orjuela Tirano, 2020).

2.4. Fuentes de energía más comunes a nivel mundial

Una fuente de energía es un método más o menos complejo, mediante el cual el ser humano obtiene energía para realizar un trabajo u obtener alguna utilidad (Quintela & Redondo Melchor, 2022). Se puede mencionar diversos tipos de energía, los más comunes a nivel mundial se observan en la Ilustración 1.



Ilustración 1. Tipos de energía más comunes.

Fuente: (Quiroz, 2021).

2.5. Importancia del análisis de la calidad de energía

La calidad de energía representa un indicador del nivel de adecuación de la instalación, permitiendo garantizar que el funcionamiento óptimo de sus cargas sea viable. Los problemas respecto a la calidad de la energía refieren a cualquier desviación de corriente, tensión o frecuencia en un sistema, provocando la mala operación de los equipos, deteriorando la fiabilidad, el confort, la disponibilidad y/o la economía de los usuarios. Debido a esto, se incrementa el consumo, la demanda y la competitividad empresarial se ve afectada. El origen de estos problemas se puede dar en cualquiera de los niveles de un sistema electro energético (Muñoz Alvarado, 2021; Sousa Santos & Gómez Sarduy, 2019).

Un análisis de la calidad de energía resulta importante en primer lugar por la seguridad de los sistemas y personas involucradas, también esto brinda mayor confiabilidad, ahorro de costos energéticos y solución de problemas. Este análisis permite aumentar la eficiencia y la vida útil de los elementos conectados al sistema eléctrico (Valencia-Duque, Álvarez-Meza, & Orozco-Gutiérrez, 2019; Jácome Segovia & Vargas Cerda, 2019; Muñoz Alvarado, 2021).

2.6. Energía Renovable

Hace referencia a las energías que se obtienen a partir de fuentes naturales, las cuales producen energía de manera inagotable e indefinida. Comprende a aquellas energías donde su renovación es mayor a su ritmo de uso. Se considera renovable cuando se obtiene a partir de fuentes que se regeneran con el tiempo de manera natural, como es el caso de la masa forestal. Es por ello que, la mayor parte de energía se consume a través de fuentes no renovables, como los combustibles fósiles y la energía nuclear. Entre las ventajas de las energías renovables, se puede destacar las presentadas en la Ilustración 2



Ilustración 2. Ventajas de las energías renovables.

Fuente: (Vivanco Font, 2020).

2.7. Situación energética renovable en el Ecuador.

Los proyectos de energías renovables en Ecuador, se han utilizado como una fuente primordial para la dinamización de la economía. En la actualidad el 92% de la energía en el país proviene de las generadoras hidroeléctricas, el 7% de generadoras térmicas y el 1% de fuentes no convencionales. Es por ello que, se ha desarrollado políticas para el fortalecimiento en la implementación de las energías renovables tanto en el marco legal como en los procesos públicos, considerando alianzas del sector público - privado.

Ecuador, cuenta con empresas que provienen de España, Canadá, Corea y China, para ejecutar proyectos de energía renovable, en el año 2020 se consiguió el contrato de una planta fotovoltaica para la construcción en un campo de 290 ha, con el objetivo de aprovechar el Archipiélago de Galápagos como un recurso solar; para reducir la generación de combustibles fósiles en las islas Baltra y Santa Cruz. Con esto se busca producir energía limpia y amigable con el ambiente. la meta de implementar procesos de eficiencia energética en los sectores residenciales (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

2.8. Energía Fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la innovación directa de la radiación solar en la electricidad, por medio de dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. Un panel o módulo está formado por la interconexión en serie y/o paralelo de varias células solares, los electrones se excitan por medio de un dispositivo semiconductores, generando diferencias potenciales. Se tiene mayor potencia al obtener una mayor conexión (Venavidez, 2018).

Existen dos tipos de plantas fotovoltaicas, las que están conectadas a la red y las que son aisladas.

- Central fotovoltaica: hace referencia a la energía que se produce en los paneles de la red eléctrica.
- Generador con autoconsumo: La electricidad que se genera es consumida por el productor y el resto se invierte en la red.

Las conexiones a la red cuentan con elementos básicos, entre ellos:

- Paneles fotovoltaicos: Son celdas entre capas de silicio que captan la radiación solar y la transforma en luz.
- Inversores: Convierte la corriente eléctrica continua que producen los paneles de corriente alterna.

- Transformadores: Se utiliza para elevar a media tensión la energía.

Las instalaciones no conectadas a la red, requieren de los siguientes elementos fundamentales para el funcionamiento:

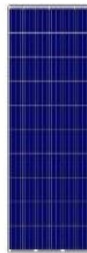
- Paneles fotovoltaicos: igual que en el caso anterior, para la captación de la radiación solar.
- Baterías: se encargan de almacenar energía producida por los paneles.
- Reguladores: su propósito es proteger la batería contra sobrecargas de uso ineficiente de la misma (Pizarro, 2020).

Los tipos de módulos fotovoltaicos más utilizados se pueden ver en la *Ilustración 3*.



–Monocrystalino

- ☐ Tiene una estructura cristalina completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido dopado con boro. Se caracteriza por su monocromía azulada oscura metálica.



–Policristalino:

- ☐ Su estructura es ordenada por regiones separadas. Su obtención es igual que el monocrystalino, pero con menos fases de cristalización. Se caracteriza por distintos tonos azules y grises metálicos en su superficie.



Amorfo:

- Con un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química, presenta un color homogéneo. La fabricación de este tipo de módulo es menos costosa que los monocrystalino y policristalino, sin embargo la potencia obtenida es inferior

Ilustración 3. Tipos de módulos fotovoltaicos.

Fuente: (Pareja Aparicio, 2016).

Otro tipo de módulos menos utilizados son: Arseniuro de Galio, Teluro de Cadmio o Seleniuro de Cobre e indio.

2.9. Radiación solar en la ciudad de Cuenca.

Los siguientes datos obtenidos de la estación meteorológica en la ciudad de Cuenca-Ecuador, en los meses de junio hasta septiembre, indican que son meses que no hay mucha neblina, estaría ente un 35-40% de nubosidad. Mientras que los meses de octubre hasta marzo tienen una gran variedad de neblina, entre un 70-80% de nubosidad. Estos datos son esenciales para ver la eficiencia de nuestro panel y poder cargar de manera exitosa las baterías del VE y poder cubrir los recorridos sin tener ningún tipo de inconveniente por falta de carga en las baterías.

En la *Tabla 1* se indica los valores de la radiación solar que incide en la ciudad de Cuenca, se compara los datos de radiación solar en diferentes instituciones como la Electricity handbook, Conelec, y la Nasa.

Tabla 1. Radiación solar por meses en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

MES	NASA kWh/m2/día]	Solar Electricity Handbook [kWh/m2/día]	Software Censol [kWh/m2/día]	Atlas Solar Ecuador [kWh/m2/día]	PROMEDIO [kWh/m2/día]
Enero	4,20	4,05	4,31	4,21	4,20
Febrero	4,30	3,92	4,31	3,93	4,12
Marzo	4,72	4,11	4,31	4,07	4,30
Abril	4,60	4,01	4,03	3,79	4,11
Mayo	4,22	3,88	3,93	3,65	3,92
Junio	3,91	3,84	3,65	3,37	3,69
Julio	3,75	3,88	3,93	3,51	3,77
Agosto	4,21	4,15	4,12	3,65	4,03
Septiembre	4,44	4,20	4,12	4,07	4,21
Octubre	4,22	4,20	4,49	4,21	4,28
Noviembre	4,42	4,36	4,78	4,49	4,51
Diciembre	4,41	4,21	4,68	4,78	4,52

Media Anual Irradiación Global Diaria – Sup. inclinada 10°	4,28	4,07	4,22	3,98	4,14
Mayor anual	4,72	4,36	4,78	4,78	4,52
Menor anual	3,77	3,84	3,65	3,37	3,69

Fuente: (Guillermo Casado Lopez (Editor), 2021).

Mediante esta tabla de valores, se puede determinar qué mes produce mayor radiación y que mes produce menor radiación, ya que esta variable climatológica depende de las dos estaciones del año que se tiene en Ecuador como es invierno y verano. Mediante este proceso se determina si es factible la carga, mediante un panel solar sobrepuesto en el techo de nuestro vehículo.

2.10. Vehículo Eléctrico

Un VE es aquel que utiliza la energía eléctrica, que guarda en una o varias baterías recargables y la transforma en energía mecánica. Estos vehículos usan motores eléctricos, que pueden ser enchufados en la red. Para poder recargar las baterías se debe estacionar el vehículo, siempre que la infraestructura eléctrica lo permita. Pueden ser de corriente alterna o continua (De la Cruz, 2017; Trashorras Montecelos, 2019).

2.10.1. Tipos de vehículos eléctricos.

Los vehículos eléctricos dependen del nivel de electrificación, su clasificación se puede ver en la *Ilustración 4*.

1.Vehículo eléctrico de baterías o battery electric:

- Es un vehículo eléctrico puro, que toda la energía se encarga al movimiento del vehículo eléctrico la energía almacenada en las baterías, se puede obtener mediante frenadas y desaceleraciones y también se puede recargar conectando a un enchufe o punto de recarga.

1.Vehículo eléctrico de pila de hidrógeno o full cell electric vehicle:

- El vehículo no dispone de batería recargable, sino de una pila de combustible de hidrógeno, de donde obtiene la energía para que el vehículo pueda moverse, esto se lleva a cabo mediante una reacción química, que se oxida por los electrones encapsulados para generar la energía eléctrica, que permite impulsar al vehículo.

1.Vehículo eléctrico de autonomía extendida o extender:

- Dispone de un motor de combustión, que suele ser de gasolina y de uno o varios motores eléctricos. El motor de combustión no es utilizado para generar tracción en las ruedas.

1.Vehículo Híbrido enchufable o Plug- in Hybrid electric vehicle:

- El vehículo cuenta con un motor de combustión interna y con varios motores eléctricos, son híbridos porque ambos motores son capaces de mover el vehículo por sí mismo, o combinados, se le suministra la electricidad por medio de una batería. Su batería es de mayor capacidad que de los vehículos híbridos no enchufables.
- Vehículo híbrido no enchufable o Hybrid electric vehicle:
- Presenta un sistema muy similar al de los vehículos híbridos enchufables, tiene un motor de combustión y uno o varios motores eléctricos. La batería tiene una capacidad reducida para alimentar al motor eléctrico y permite recargar el sistema de frenada y desaceleraciones con el uso de motor de combustión.

Ilustración 4. Tipos de vehículos eléctricos.

Fuente: (Gesthispania, 2018; Trashorras Montecelos, 2019).

2.10.2. Características del VE

Gran parte de vehículos eléctricos cuentan con una serie de características, las cuales se puede ver en la *Ilustración 5*.

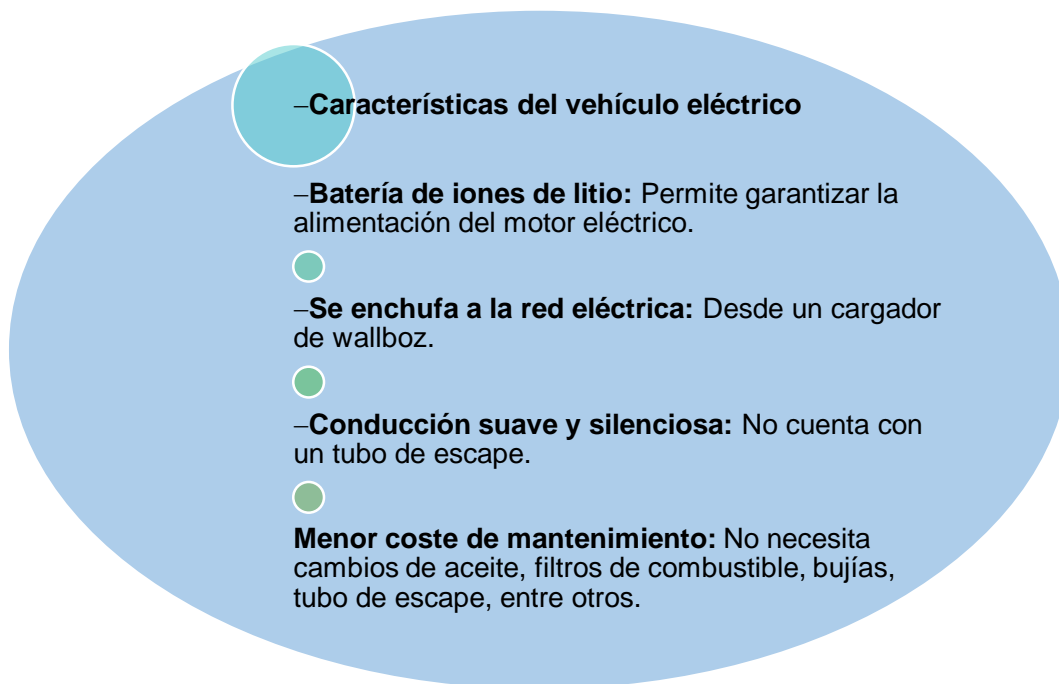


Ilustración 5. Características de vehículos eléctricos.

Fuente: (LugEnergy, 2021).

2.10.3. Funcionamiento de los vehículos eléctricos

Un VE, tiene un sistema de propulsión que está formado por uno o más motores eléctricos. Se alimentan de energía almacenada en una batería recargable, la batería se puede recargar enchufada a una toma de corriente eléctrica o por medio de un sistema de frenado regenerativo (Race, 2019).

Los vehículos eléctricos también están diseñados para dar una velocidad máxima si sus baterías se encuentran desgastadas. Por la necesidad de que no se encuentre cerca un punto de carga se ha implementado una fuente externa, que es mediante un panel solar fotovoltaico. Como se puede ver en la *Ilustración 6*, se trata de reunir la mayor cantidad de radiación solar para convertirla en energía eléctrica y recargar las baterías durante todo el tiempo, aunque el vehículo se encuentre en constante movimiento o se encuentre en un lugar específico parqueado.

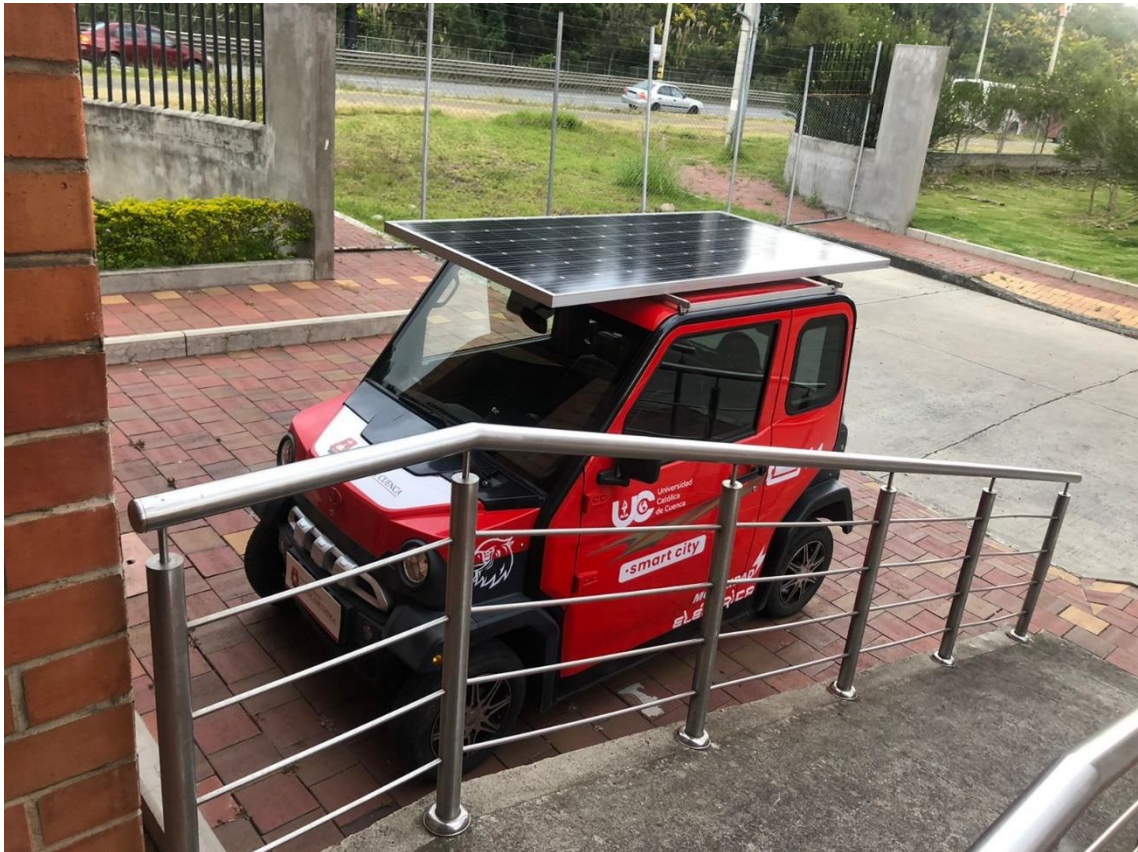


Ilustración 6. VE con panel solar policristalino (156x80 cm).

Fuente: Autor.

- Potencia máxima de salida (P_{max}) 350W.
- Corriente máxima de potencia (I_{mp}) 8.93 A.
- Voltaje máximo de potencia (V_{mp}) 39.19 V.
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}) 9.25 A.
- Voltaje de circuito abierto (V_{oc}) 47.90 (ECOGREENENERGY, 2018)

2.10.4. Partes de un VE

En el presente proyecto el VE consta de un motor, baterías, puerto de carga, panel solar fotovoltaico, carrocería, neumáticos, y entre otros componentes.

Puerto de carga

Este puerto permite la recarga de los vehículos eléctricos mediante el uso de un conector, como se puede visualizar en la *Ilustración 7*, Estos conectores pueden ser tomados desde un punto de un tomacorriente de 110 Voltios.

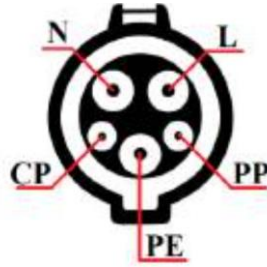


Ilustración 7. Distribución de pines del conector.

Fuente: (Restrepo Laverde & Tobón Ramírez, 2018).

Controlador o inversor

En la Ilustración 8 se representa un diagrama de bloques, del proceso de un controlador o inversor. Su función es convertir de corriente continua en corriente alterna la energía eléctrica, para el funcionamiento del motor.

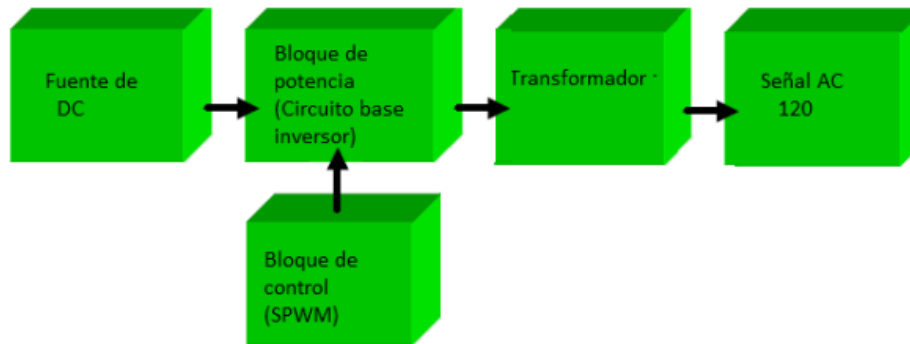


Ilustración 8. Diagrama de un inversor.

Fuente: (Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería UNAM, 2022).

BMS

Sistema de gestión de batería o BMS (Battery Management System), se encarga de proteger las celdas midiendo los voltajes de cada una y las intensidades de salida. Es un elemento importante, ya que protege el elemento más delicado del VE.

Este tipo de baterías es como un algoritmo de control flexible, para el sistema de carga en los vehículos realizados en cascada modular, bidireccional (CHB) o en puentes tipo (H); como se observa en la Ilustración 9. Uno de los principales objetivos es mantener la energía de alta calidad en el lado CA, hasta que se equilibren los voltajes del lado CC, durante el proceso de carga o descarga de las baterías.

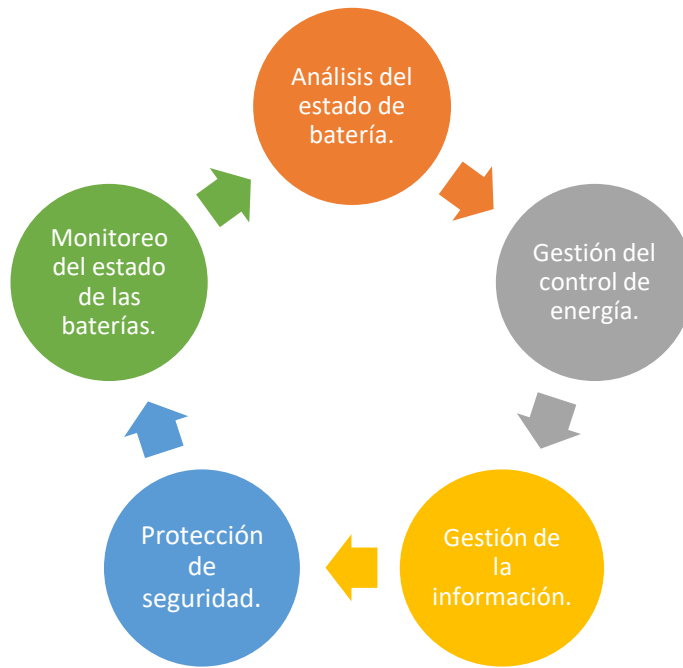


Ilustración 9. Función principal del BMS.

Fuente: Autor

Cargador

En la *Ilustración 10* se indica como el cargador, suministra la energía proveniente de una fuente externa hacia la batería del vehículo, para poder poner en funcionamiento el mismo. Estos pueden ser alimentados mediante energía monofásica, trifásica o corriente continua; según el modelo. Está en comunicación con el BMS para dar la intensidad o tensión necesarias para la batería.

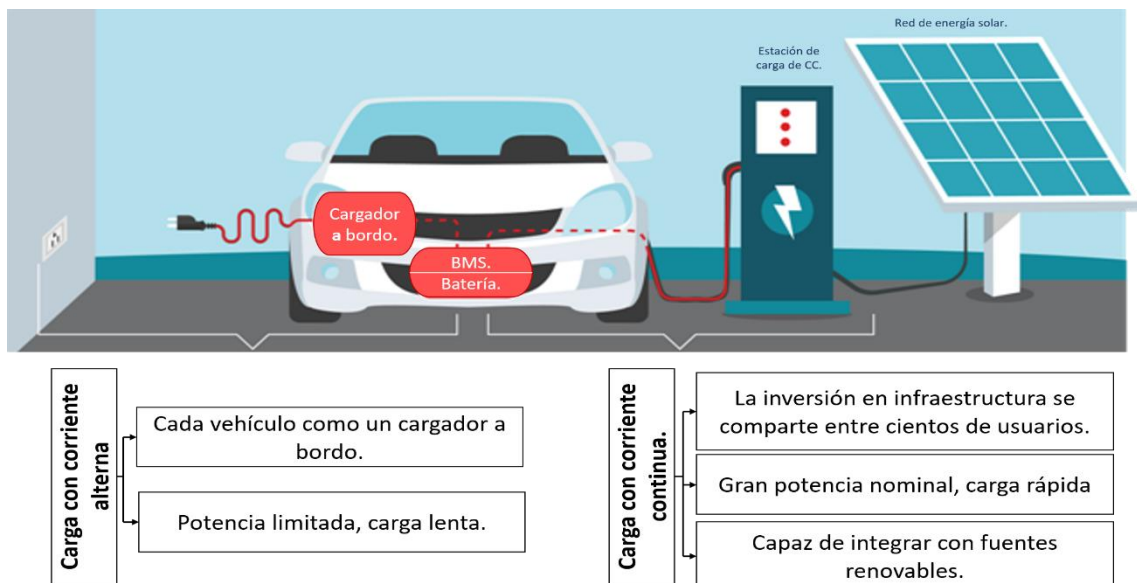


Ilustración 10. Tipo de fuentes para cargar un VE.

Fuente: Autor

Cargador bidireccional

Esta tecnología ha ido ganando importancia, ya que permite el uso de vehículos eléctricos como acumuladores de energía, tomando electricidad de la red y devolviendo una parte cuando se requiera. En la Ilustración 11 se observa el cargador bidireccional conocido como vehicle-to-grid, Estos cargadores pueden utilizar la energía, para uso de otros componentes que sean eléctricos.

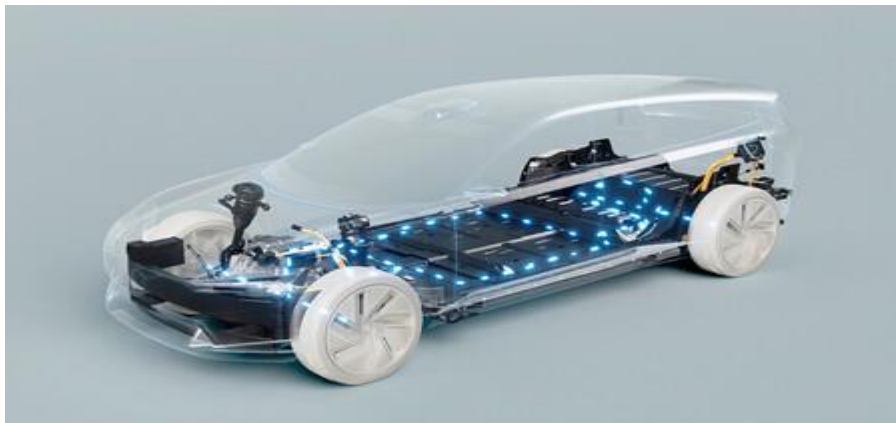


Ilustración 11. Vehículo con cargador bidireccional.

Fuente: (Victoria, 2022)

Batería

Principalmente, las baterías de litio-ion son las más usadas para el almacenamiento de energía, con lo cual el VE trabaja bajo corriente continua (DC). En la Ilustración 12 se indica las baterías o banco de baterías; la cual, será la encargada de alimentar a todo el VE. Si, el VE funciona con corriente alterna, entonces la energía que sale de las baterías será convertida mediante un inversor, para su correcto funcionamiento.



Ilustración 12. Batería o banco de baterías.

Fuente: (ENERGÉTICO, 2020)

Convertor o Rectificador

El convertor es el encargado de transformar corriente alterna en corriente continua, de esa manera se puede almacenar la carga para las baterías eléctricas. Suele utilizarse el de topología LLC resonante con una etapa con aislamiento galvánico, a través de un transformador de alta frecuencia (HFTR); ya que, resulta ventajoso respecto a un transformador que trabaja a una frecuencia de 50/60 Hz, pues presenta la misma potencia aparente, el espacio que ocupa es menor y es menos costoso (De la Barba Suárez, 2018; Trashorras Montecelos, 2019).

2.10.5. Vehículos eléctricos con paneles fotovoltaicos.

A partir de una mayor concientización del ser humano por el impacto que causa en el medio ambiente, la industria automotriz ha estado buscando opciones para evitar la contaminación ambiental, a la vez dar el mejor servicio y confort para el usuario. Hoy en día, ha aumentado el uso de vehículos eléctricos, estos atraen atención debido a que pueden integrarse con generadores de energía adecuados, como lo son los paneles fotovoltaicos, de esta manera pueden aprovechar la energía solar (Moreno Constante, Beltrán Ruiz, & Borja Soto, 2020; Kim, Oh, & Park, 2020).

Los automóviles solares o prototipos compiten en carreras como en World Solar Challenge, es una competencia internacional para vehículos propulsados únicamente por energía solar; su objetivo es promocionar la investigación y desarrollo de esta tecnología. En Latinoamérica, se tiene la carrera solar "Atacama", en Chile. En esta participan tanto equipos universitarios, así como profesionales de empresas como Honda y General Motors. En un inicio el objetivo de la carrera fue recorrer el desierto de Atacama, debido a sus niveles altos de radiación solar a nivel mundial (Oña Simbaña & Peña Morejón, 2019). A continuación, en la *Ilustración 13*, se muestra un vehículo solar que es propulsado mediante un motor eléctrico, que se encuentra alimentado mediante radiación solar, por unos paneles solares que se encuentran en la parte superior del vehículo.

Estos vehículos tienen la capacidad de llevar una o máximo dos personas, y estos automóviles o prototipos son utilizados con más frecuencia para carreras en el desierto de Atacama para comprobar la eficiencia de la carga mediante energía solar.



Ilustración 13. Vehículo solar.

Fuente: (Oña Simbaña & Peña Morejón, 2019).

2.10.5.1. Historia de los vehículos solares

La historia de los vehículos solares inicia en 1955 con un pequeño modelo de tan solo 15 pulgadas, creado por William G. Cobbs trabajador de General Motors, fue nombrado como Sun mobile. La *Ilustración 14* muestra cómo fue presentado en la convención Powerama de Chicago. El vehículo estaba constituido por células fotovoltaicas de selenio (12 células) y un motor eléctrico pequeño Pooley, mismo que accionaba una polea haciendo girar el eje de la rueda trasera (Babalola & Atiba, 2021).

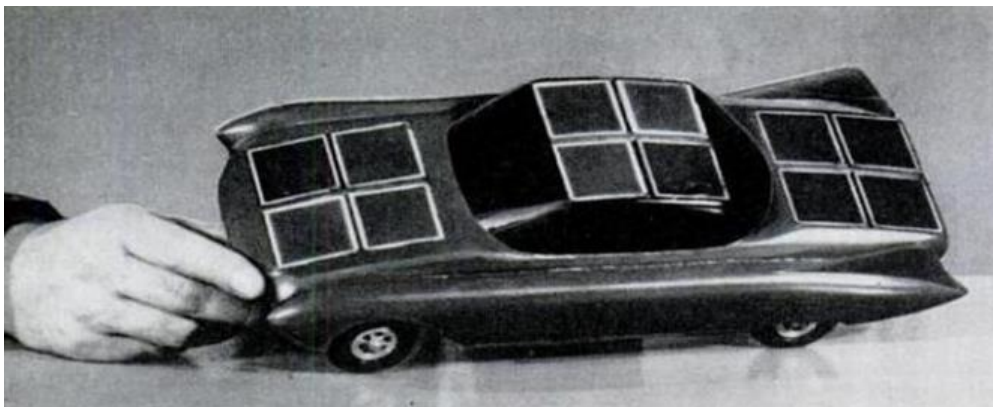


Ilustración 14. Primer vehículo solar desarrollado en 1955

Fuente: (Abdulaziz, Abdulaziz, Abdulhadi, Ali, & Amar, 2017).

El primer vehículo solar era muy pequeño para conducirlo, es así que tiempo después en 1958 The International Rectifier Company, fabrica un coche que puede ser conducido, este era un VE Baker 1912, que fue rediseñado teniendo alrededor de 10 640 células fotovoltaicas unidas al techo para su funcionamiento. En 1977, en la Universidad de Alabama, el profesor Ed Passerani, desarrolla un prototipo como se observa en la *Ilustración 15*, de un vehículo solar denominado Bluebird cuyo diseño estaba pensado para funcionar netamente con energía de células fotovoltaicas, sin

hacer uso de una batería. Este diseño fue exhibido posteriormente en 1982, en Knoxville en la Feria Mundial TN (Babalola & Atiba, 2021).



Ilustración 15. Vehículo solar construido por The International Rectifier Company en 1958.

Fuente: (Babalola & Atiba, 2021).

Se continuó realizando avances en el desarrollo de vehículos solares. En la Universidad Denki de Tokio, Masaharu Fujita, profesor de la misma, creó por primera vez una bicicleta solar como coche solar de 4 ruedas, fabricado a partir de dos bicicletas solares. Alain Freeman, en 1979 inventa un vehículo solar de 3 ruedas con un panel solar en el techo. Posteriormente, en Israel en 1980, Arye Braunstein junto con otros ingenieros de la Universidad de Tel Aviv, crean un coche solar que incorporaba paneles solares en el techo y capó, como se representa en la *Ilustración 16*. El vehículo utilizaba 8 baterías de 6 voltios para almacenar la energía captada por 432 células, creando una potencia máxima de 400 vatios (Babalola & Atiba, 2021).



Ilustración 16. Vehículo solar construido por Alain Freeman en 1979.

Fuente: (Babalola & Atiba, 2021).

En 1982, Hans Tholstrup en asociación con Larry Perkins desarrollan un vehículo de carreras con energía solar, el vehículo recorrió de Perth a Sydney en Australia, registrándose así el primer viaje intercontinental de una persona realizado en un vehículo solar. Tiempo después, Tholstrup crea el World Solar Challenge (WSC). En 1984 Joel Davidson y Greg Johanson construyen Sunrunner, un coche solar de carreras, que estableció el récord de velocidad de 24,7 mph usando una batería, en Bellflower, California. Por otro lado, en 1986 el Solely alcanzó una velocidad máxima final de 41 mph en el desierto de Mojave de California, esto sin utilizar una batería, estableciendo otro récord Guinness. Un año después, el GM Sunraycer completó en 1987 un viaje de 3003 km, con una velocidad regular de 42 mph (Babalola & Atiba, 2021).

2.10.5.2. Generalidades sobre los vehículos solares.

A raíz del primer World Solar Challenge (WSC) llevado a cabo en Australia en el año 1987, comenzó el desarrollo de vehículos impulsados con energía solar (Kim, Oh, & Park, 2020). Los sistemas de un vehículo solar son menos complejos que de los coches convencionales. El coche solar tiene sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, matriz solar y sistemas aerodinámicos. Estos vehículos captan energía solar mediante células fotovoltaicas, mismas que convierten dicha energía solar en energía eléctrica que puede ser almacenada en baterías y alimentar al motor eléctrico o ser utilizada directamente por este motor, un controlador de energía regula la velocidad del motor. El diseño conceptual de un vehículo solar en gran medida está en función de las dimensiones y perfil de los componentes mecánicos y eléctricos de su diseño (Babalola & Atiba, 2021; Moreno Constante, Beltrán Ruiz, & Borja Soto, 2020).

Las celdas solares funcionan en base al efecto fotovoltaico, la luz que alcanza sobre los elementos semiconductores de dos capas produce una diferencia de foto voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje conduce una corriente a través de un circuito externo a fin de producir trabajo útil en un VE (Moreno Constante, Beltrán Ruiz, & Borja Soto, 2020).

El esquema básico de un sistema fotovoltaico autónomo es muy importante, tiene la finalidad de aprovechar las energías dadas de nuestro clima, de esta manera reduce algunos gases que son dañinos para el medio ambiente, en la *Ilustración 17* vamos a ver paso a paso el funcionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo.

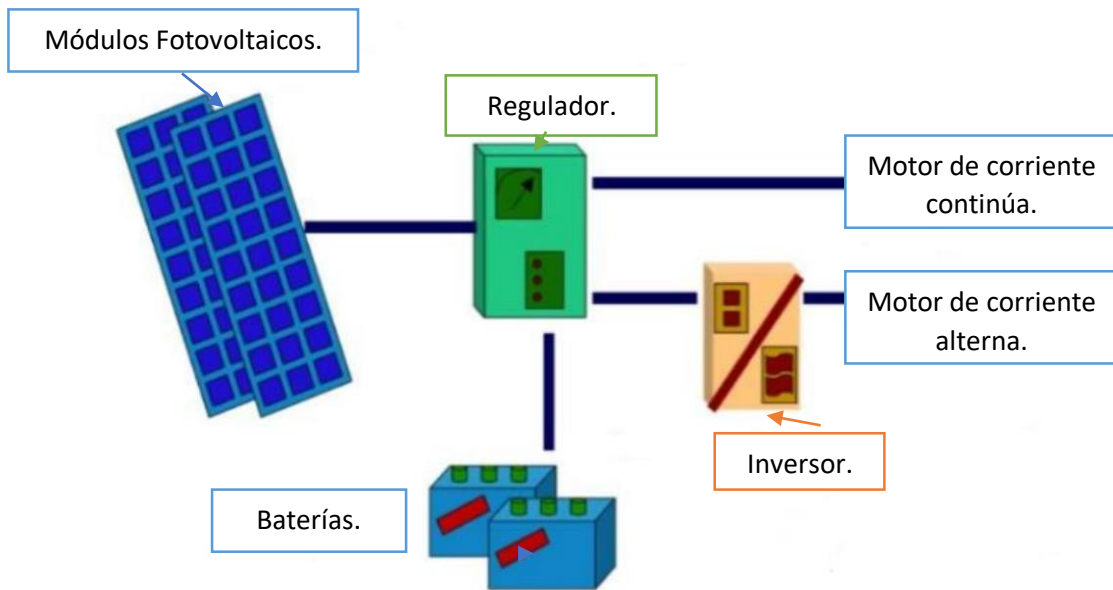
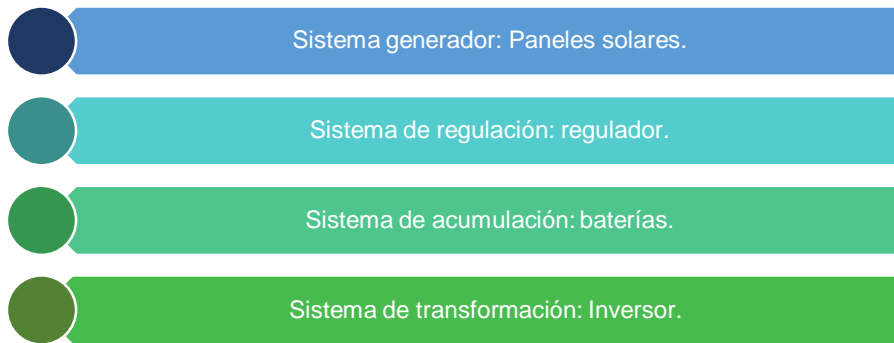


Ilustración 17. Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo.

Fuente: *(Vehículo auxiliar de montaje de carril alimentado mediante paneles solares, 2019).*

En la *Ilustración 18* se representa la estructura de un panel solar.

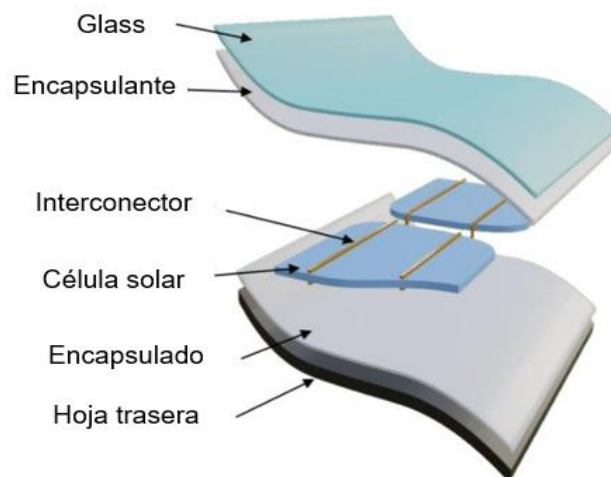


Ilustración 18. Estructura general de un panel solar.

Fuente: *(Cho, y otros, 2021).*

Una célula solar que en la parte frontal suele utilizar vidrio templado de bajo contenido en hierro, permite proteger la célula solar y transmitir la mayor cantidad de luz posible. Se utiliza etileno-vinil-acetato (EVA) y poliéster Tedlar como material de laminación y como marco aluminio. No obstante, los módulos fotovoltaicos integrados a los vehículos solares deben ser ligeros y flexibles a fin de mejorar su rendimiento. El vidrio significa la mitad del peso del módulo solar, es por ello que los módulos para vehículos montados con energía fotovoltaica, utilizan principalmente materiales plásticos transparentes o materiales compuestos de polímero reforzado con fibra de vidrio en lugar del vidrio templado (Cho, y otros, 2021).

2.10.5.3. Ventajas y desventajas.

Uno de los principales obstáculos con el uso de energía solar en vehículos es la fluctuación de potencia. Otra situación que se ha presentado en estos vehículos es la débil aceleración en comparación a los vehículos convencionales. La disponibilidad de espacio en estos vehículos es un limitante, ya que suele ser para una o máximo dos personas (Kim, Oh, & Park, 2020; Oña Simbaña & Peña Morejón, 2019).

La duración de una batería solar depende de la profundidad de los ciclos, por lo que se recomienda no dejar que la batería se descargue más del 50 %, para optimizar las mismas, como se detalla en la *Ilustración 19* los porcentajes de carga y sus ciclos con referencia a su nivel de carga de las baterías.

Ilustración	% de descarga	Ciclos
	25	22000
	50	1000
	75	550
	100	325

Ilustración 19. Ciclo recomendado de descarga para una batería solar.

Fuente: (Aman Punguil & Villacres Vega, 2019).

Otra desventaja es el tiempo de repostaje o carga, siendo más largo en comparación a los vehículos de combustibles fósiles. Un VE puede tardar hasta 30 minutos en recargar el 80 % de la capacidad de la batería en condiciones de carga normales, mientras que un vehículo de combustible fósil tarda hasta 5 minutos en repostar (Cho, y otros, 2021).

Por otro lado, en la *Ilustración 20* se indica mediante datos destacados una de las ventajas de los vehículos solares, que permite transportarse por distancias limitadas sin necesidad que exista la luz solar, otra ventaja es la notable reducción de emisiones de CO₂, lo cual ha sido un desafío para el desarrollo sostenible (Araki, y otros, 2020; Oña Simbaña & Peña Morejón, 2019). En Japón se ha evaluado las emisiones de CO₂ de diferentes tipos de vehículos por Km² recorrido, obteniendo los resultados como muestra para optar por vehículos eléctricos.

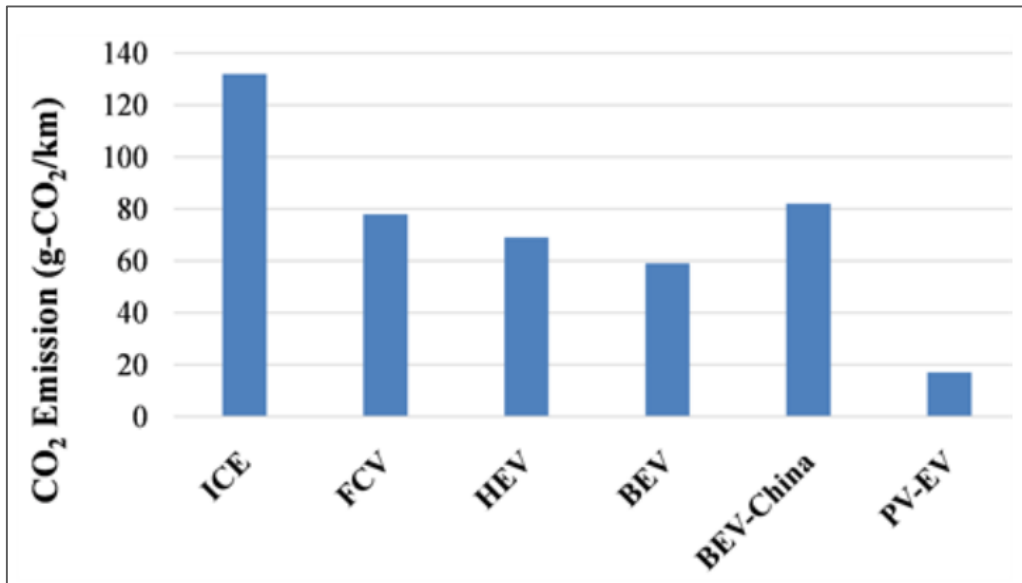


Ilustración 20. Emisiones de CO₂ por Km² para diferentes tipos de vehículos en Japón.

Fuente: (Araki, y otros, 2020).

- BEV (VE alimentado por batería)
- ICE (vehículo con motor de combustión interna)
- FCV (vehículo con pila de combustible)
- HEV (VE híbrido)
- PV-EV (VE-fotovoltaico)

Como se puede observar, las emisiones de CO₂ son notablemente menores para un vehículo impulsado por energía solar, en comparación a otras fuentes de energía.

2.10.5.4. Partes de un vehículo solar.

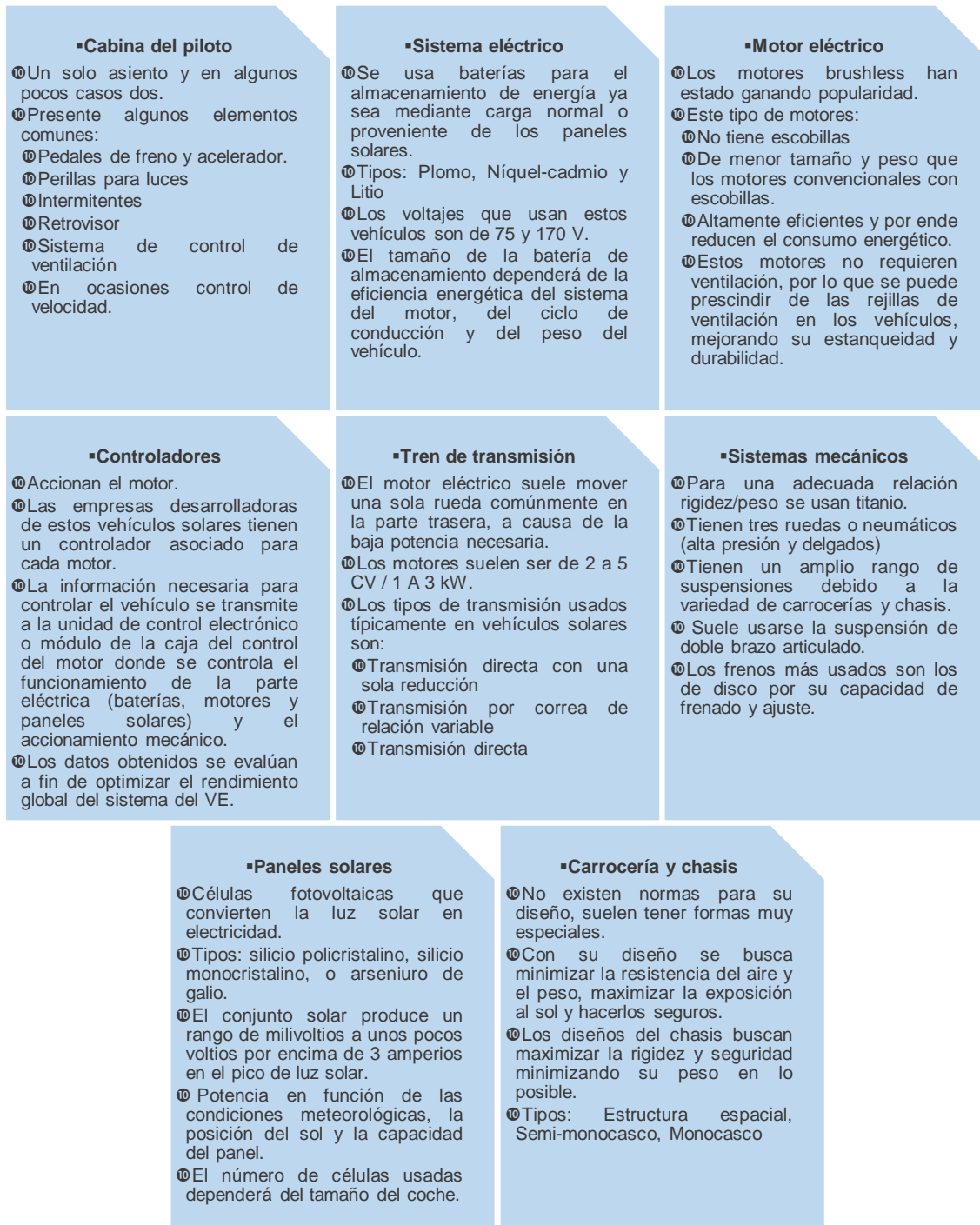


Ilustración 21. Partes de un vehículo solar.

Fuente: (Aldaz Loachamin & Chancusi Toscano, 2021; Aman Punguil & Villacres Vega, 2019; Babalola & Atiba, 2021).

2.10.5.5. Vehículos solares en el siglo XXI

Ford y Mazda han explorado de manera amplia las posibilidades de desarrollar los vehículos híbridos solares a escala comercial, más que como coches de concepto. En 2005, en el Mazda Senku se montaron paneles solares para apoyar la batería eléctrica. En 2006, el Ford Réflex integró paneles solares en los faros. En el mismo año, el fabricante francés de autos, Venturi, presenta en el Salón del Automóvil de París el concepto de plataforma Eclectic. Este vehículo híbrido combina los recursos del sol, el viento y la batería para impulsarlo. Este tiene capacidad para tres personas y se pensó con fines de conducción urbana (Babalola & Atiba, 2021).

En 2008, el Cadillac Provoq utiliza paneles solares para el suministro de energía, como la iluminación interior y el audio. En 2014, Mercedes-Benz presentó un diseño conceptual que utilizaba energía solar y eólica. Lightyear es un automóvil conceptual holandés capaz de conducir de 400 a 800 km a través de la carga solar. La empresa australiana EVX tiene como objetivo conducir hasta 400 km en días o noches nublados, mientras que Hanergy en China está lanzando un automóvil conceptual con un objetivo de seis horas de tiempo de conducción (Babalola & Atiba, 2021).

Modelos modernos de vehículos con techos solares equipados con energía fotovoltaica incluyen el modelo Hyundai Motors Sonata y el modelo Toyota Prius. En la *Ilustración 22* e *Ilustración 23* encontramos el modelo Sonata de Hyundai Motors, dispone de un techo solar ecológico, este incluye una estructura de paneles solares de silicio que se montan en el techo del coche. Se puede cargar mientras se conduce, pudiendo hacerlo del 30 al 60 por ciento de la batería por día. Con 6 horas de carga diaria, se espera que aumente la distancia de viaje de los conductores en 1300 km adicionales al año. Por otro lado, el Toyota Prius plug-in es un vehículo híbrido, este dispone de paneles solares ubicados en el techo que permiten recargar la batería y un motor híbrido enchufable. Puede recorrer hasta 45km diarios en modo EV y en modo HV proporciona la libertad de una autonomía de conducción total de más de 1000 Km (HYUNDAI, 2019; Toyota, 2022).



Ilustración 22. Hyundai Motors Sonata.

Fuente: (HYUNDAI, 2019).



Ilustración 23. Toyota Prius plug-in.

Fuente: (Toyota, 2022).

En enero 2022, se llevó a cabo el Consumer Electronics Show CES en la ciudad de las Vegas. Este es uno de los eventos tecnológicos más influyentes del mundo llevado a cabo anualmente. El evento presenta empresas que incluyen fabricantes, desarrolladores y proveedores de hardware de tecnología de consumo, contenido, sistemas de entrega de tecnología, etc. Además, se dan conferencias que abordan los temas más relevantes de la industria, las mismas que son impartidas por líderes empresariales mundiales. En su última edición, se presentó el coche eléctrico solar Lightyear One como se indica en la *Ilustración 24*, mismo que salió al mercado hace un par de años con 725 km de autonomía eléctrica obtenida a partir de la luz del sol. Lightyear One, fue premiado en el CES, sus creadores prometen que, gracias a las células fotovoltaicas, el modelo puede recibir 72 km extra de autonomía en un día

soleado. Hasta mediados del 2022, una serie exclusiva de 946 unidades del Lightyear One entrará en producción y se abordará la producción en masa a partir de 2024 (Consumer Technology Association, 2022; Fuentes, 2022).



Ilustración 24. Lightyear One presentado en el CES 2022.

Fuente: (Fuentes, 2022).

2.11. Electrónica para medición de variables del VE

2.11.1. Resistencia Shunt

En la *Ilustración 25*, se puede observar una esquematización de una resistencia Shunt. Esta es una resistencia de bajo valor óhmico, es la más usada en sistemas de mediciones indirectas de corriente. Un valor resistivo bajo permite que no se sobrepase la corriente máxima que soportarían los equipos de medición, como sería un amperímetro.

El funcionamiento de la resistencia shunt se realiza mediante una medida de corriente y esta genera una señal de tensión, que es equivalente a la corriente que está circulando por la resistencia shunt. Este valor analógico es convertido en digital mediante un ADC para ser procesado. También se puede utilizar un voltímetro, y osciloscopio.



Ilustración 25. Resistencia Shunt.

Fuente: Autor.

El método que se utiliza con mayor frecuencia para obtener la forma de la onda de altas corrientes de impulso, sería medir la tensión a través de una resistencia de bajo valor óhmico en serie con el circuito de bajo prueba, ver *Ilustración 26*.

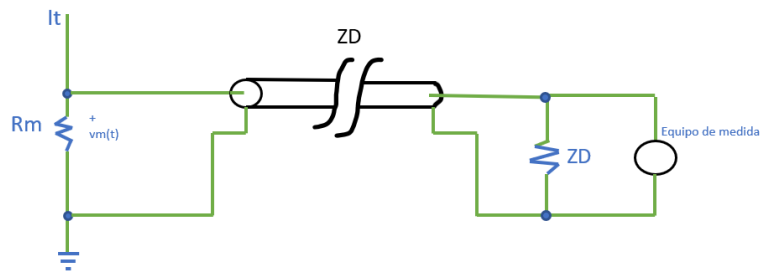


Ilustración 26. Medición de una corriente mediante una resistencia Shunt.

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 26*, la señal de tensión $V_m(t)$ se transmite al osciloscopio mediante un cable coaxial ZD, cuando el elemento es puramente resistivo la caída de tensión es proporcional a la corriente $i(t)$.

- $v_m(t) = R_m * i(t)$

Para calcular la resistencia de bajo valor óhmico, el valor de la capacitancia cuando es una conexión en paralelo puede depreciarse, la inductancia toma un valor importante con la disminución de la resistencia. El modelo describe la forma aproximada a una resistencia shunt de bajo valor óhmico, que permite medir corriente a bajas frecuencias. En el caso del VE no va a existir este inconveniente, ya que las medidas se realizan en las etapas de carga y almacenamiento que trabajan en corriente continua. En la *Ilustración 27*, se tiene una resistencia 75mv, los valores que suelen tener estas resistencias están entre 0,1 y 100mΩ. Estos valores son importantes para limpiar la disipación de calor y los efectos de carga en el circuito de prueba (Lección, 2019).

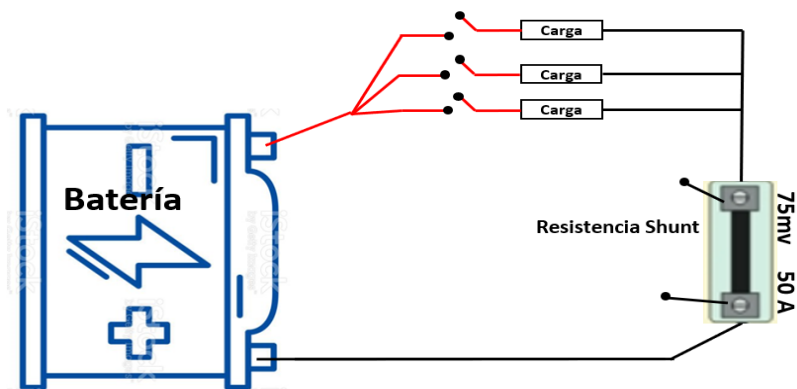


Ilustración 27. Resistencia Shunt conectado en serie en las baterías y en el panel solar.

Fuente: Autor.

2.11.2. Módulo HC-05

Como se puede apreciar en la Ilustración 28, el módulo HC-05 permite enviar datos en nuestro monitor serie, mediante una conexión serie por Bluetooth. La transmisión de datos es totalmente transparente como lo diseñe el programador, ya que se conecta de una manera directa entre otro módulo Bluetooth, que a su vez puede estar conectado a un microcontrolador. Los microcontroladores ya tienen pines de comunicación específica UART y los niveles de voltaje necesarios para alimentar el módulo.

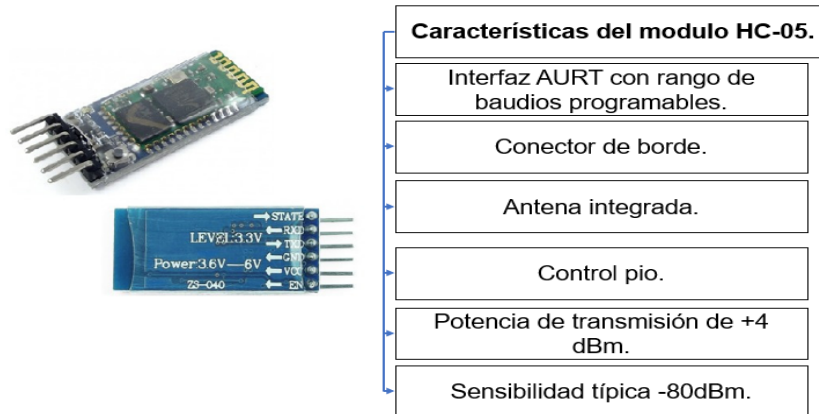


Ilustración 28. Características del módulo HC-05.

Fuente: Autor.

2.11.3. Módulo ADS 1115

El módulo ADS 1115 es utilizado como un convertido analógico a digital ADC. Se usa de forma externa cuando se desea mayores resoluciones en la conversión o para obtener más pines analógicos. Adicionalmente, puede medir señales diferentes, se observa en la Ilustración 29.

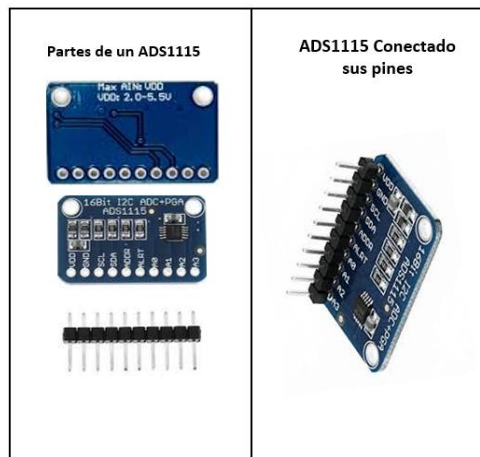


Ilustración 29. Módulo ADS1115.

Fuente: Autor.

2.11.4. Power Bank

En la *Ilustración 30*, se tiene un Power Bank que sirve como una fuente externa con un tiempo de duración de 48 horas, alimentando un Arduino mega y Arduino nano, estos componentes electrónicos se alimentan con 5 voltios y 1,6 a 1,8 Amperios. Esta alimentación adicional fue seleccionada, por un problema de potenciales en el VE, el regulador de voltaje y el panel solar.



Ilustración 30. Power Bank.

Fuente: Autor.

2.11.5. Módulo relé de 8 canales

Los relés que se observan en la *Ilustración 31* son utilizados para poner en funcionamiento pequeños circuitos eléctricos con una potencia de 12 o 24 voltios, cuentan con dos salidas NO y NC, de esta manera Se puede manejar una etapa de potencia en un circuito eléctrico.



Ilustración 31. Módulo relé de 8 canales.

Fuente: Autor.

2.11.6. Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 es una placa o tarjeta electrónica basada en un microcontrolador, que puede realizar múltiples funciones según su programación. Esta tarjeta se puede alimentar con un cable USB, ya sea mediante una computadora o

también con una fuente de 5 voltios CC, mediante un conector (plug de 3.1mm). Esta tarjeta está diseñada para proyectos o trabajos prácticos, las características del Arduino se observan en la *Ilustración 32*.

- Compatible con Arduino.
- 54 pines digitales de E/S (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM).
- 16 entradas analógicas.
- 4 UARTs (puertos seriales).
- Velocidad del reloj (oscilador) 16MHz.
- Una conexión USB.
- Un conector de alimentación.
- Un conector ICSP.
- Un botón de reinicio (reset).
- Microcontrolador ATmega2560.
- Voltaje de funcionamiento 5V.
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12VCD.
- Corriente continua por pin E/S 20mA.
- Corriente de los pines de 3.3V 50 mA.
- LED incorporado en el pin 13.
- Memoria Flash de 256KB para almacenar el código, de los cuales 8KB son utilizados por el gestor de arranque (bootloader).
- SRAM 8KB.
- EEPROM 4KB (que se puede leer y escribir con la biblioteca EEPROM).
- Longitud: 102mm.
- Ancho: 53mm.
- Peso: 37g (sin cable).

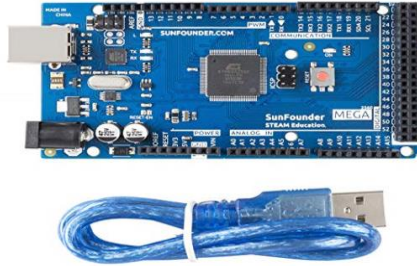


Ilustración 32. Características de Arduino Mega 2560.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la Investigación

El enfoque de la investigación es descriptivo - experimental, ya que se pretende demostrar la posibilidad de utilizar el VE alimentado mediante un panel solar, como sistema o medio de transporte para el personal de la UCACUE desde sus domicilios hasta sus lugares de trabajo, sin necesidad de realizar recargas eléctricas mediante la red eléctrica. El vehículo consta de un sistema ecualización de carga, cuya energía proviene del panel solar instalado en el techo del VE. Así se busca demostrar que es factible realizar electromovilidad neta Zero, desde los domicilios hasta las dependencias y viceversa del personal docente.

3.2. Nivel de la Investigación.

La investigación posee un enfoque cuantitativo que permite recolectar y analizar la información para la obtención de resultados.

3.3. Población y Muestra

Debido a la naturaleza de la investigación, se consideró a los profesores de la Universidad Católica de Cuenca como universo de estudio. La Universidad consta con 1.300 profesionales educativos, por ello se utilizó la fórmula de muestreo indicada en la *Ilustración 33*, con lo cual se obtuvo 390 profesores a ser estudiados.

$$n = \frac{n * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Ilustración 33. Fórmula del muestreo.

Fuente: *(Question Pro, 2022).*

- n = *Tamaño de muestra buscada.*
- N = *Tamaño de la población o universo.*
- Z = *Parametro estadístico que depende el nivel de confianza. (NC).*
- e = *Error de estimación máximo aceptado.*
- p = *Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (exito).*
- $q = (1 - p)$ = *Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.*

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección.

Para recolectar la información mediante una técnica retrospectiva se obtuvo información sobre los profesores de la Universidad, entre estas se tiene:

- Horarios de trabajo.
- Dirección de domicilio.
- Dirección o dependencia de trabajo.

Posteriormente, con esta información mediante las herramientas Google Earth, y otras aplicaciones informáticas, se geo referencio cada uno de los domicilios y dependencias de los docentes y se realizó el trazado de las rutas de movilización de las mismas. El detalle se puede observar en la *Ilustración 34*.

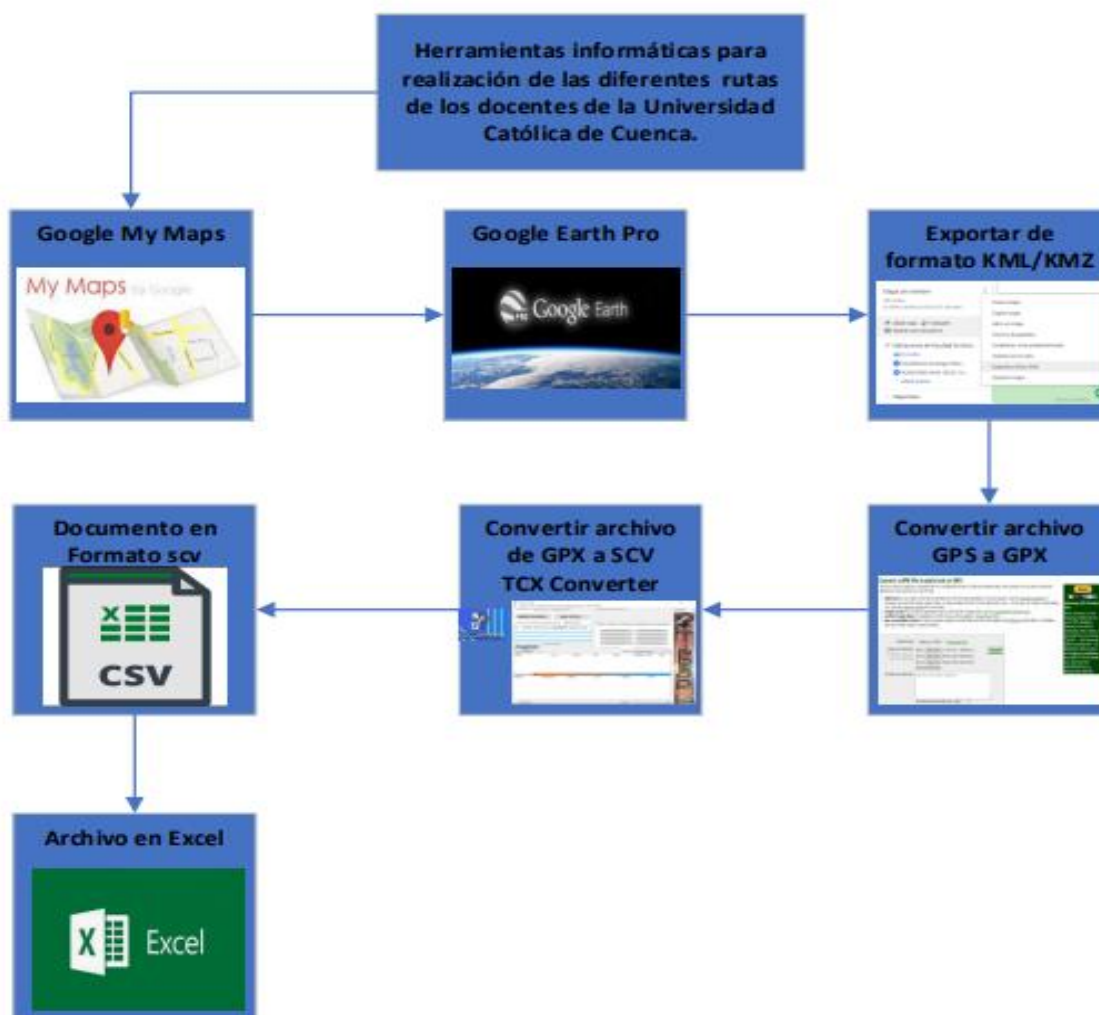


Ilustración 34. Herramientas informáticas para la realización del trazado de las ubicaciones de los docentes de la UCAUE.

Fuente: Autor.

Esta información georreferenciada y de las rutas es de suma importancia para poder analizar la distancia, pendiente y lugares de tráfico que podrían alterar el consumo promedio del VE.

3.4.1. Investigación bibliográfica y documental

Se utilizó varios gestores de información científica de calidad como SCOPUS, Web of Science, entre otras fuentes bibliográficas; para entender los conceptos bases y específicos sobre movilidad Neta Zero y su implementación en el transporte para el personal de la UCACUE. Con este análisis, se fundamentaron la metodología, las fases de desarrollo y se elaboró un marco teórico que sustente el tema investigativo.

3.5. Desarrollo de la Propuesta

Al momento de plantear nuestro tema de investigación, se ha visto necesario hacer una investigación en el tema de electromovilidad con Energía Neta Zero, para los Docentes de la Matriz (UCACUE).

En el siguiente proyecto se tendrá la necesidad de utilizar las distintas aplicaciones digitales de georreferenciación, para obtener con precisión la ubicación de la vivienda de cada docente de la Universidad Católica de Cuenca, así como los trayectos que realizan cada día para llegar hasta sus lugares de trabajo. Ver *Ilustración 35*.



Ilustración 35. Representación de ruta domicilio docentes – Universidad y viceversa a realizar con el VE.

Fuente: Autor.

3.6. Adecuación del vehículo eléctrico.

3.6.1. Descripción actual del estado del vehículo eléctrico.

En la *Ilustración 36*, se presenta un esquema con los componentes que se encuentran instalados al VE pertenecientes a otra tesis en fase desarrollo titulada “Sistema móvil de generación solar – eólico, para vehículos eléctricos con ecualizador de carga”, los cuales están divididos en tres secciones.

Sección 1: Se encuentra el sistema de generación conformado por el panel solar, el regulador de carga y el módulo relé de 10 canales (existen 2 módulos, 1 de 8 canales y otro de 2 canales). Mediante estos equipos se transforma la energía solar en energía eléctrica, el panel solar 350W entrega un voltaje de 47.9V, el cual es regulado a 12V y controlado mediante el controlador de carga, para posteriormente almacenar esta energía en el banco de baterías del VE (5 baterías conectadas en serie). A esta sección, se le conocerá como la etapa de potencia.

Sección 2: Está conformado por el sistema de protecciones para la etapa de potencia (se cuenta con 6 fusibles de 40A a 32V c/u) y la regulación de voltaje para la alimentación del sistema micro controlado un Arduino Mega 2560 (booster CC a CC de 32V a 5V), el cual garantiza una alimentación constante y adecuada, además para los sensores y actuadores.

Sección 3: Está conformado por los sensores y actuadores: un módulo GPS para la georreferenciación y ubicación del VE, un módulo inercial IMU para determinar las aceleraciones X, Y, Z y velocidades angulares en los tres ejes y un módulo SD para el almacenamiento de información.

El sistema que se encontraba incorporado en el VE, analiza el estado de carga y descarga de las baterías, identificando la batería que tiene mayor porcentaje de descarga, mediante los puertos analógicos del Arduino. Las señales eléctricas llegan de manera individual desde cada batería mediante un divisor de voltaje, que permite adecuar los voltajes de las baterías al voltaje máximo soportado por el ADC del microcontrolador (5 V). Este microcontrolador al identificar el porcentaje de carga de las baterías, prioriza la carga de la batería con mayor descarga hasta estabilizar todo el banco de baterías con el mismo nivel de voltaje.

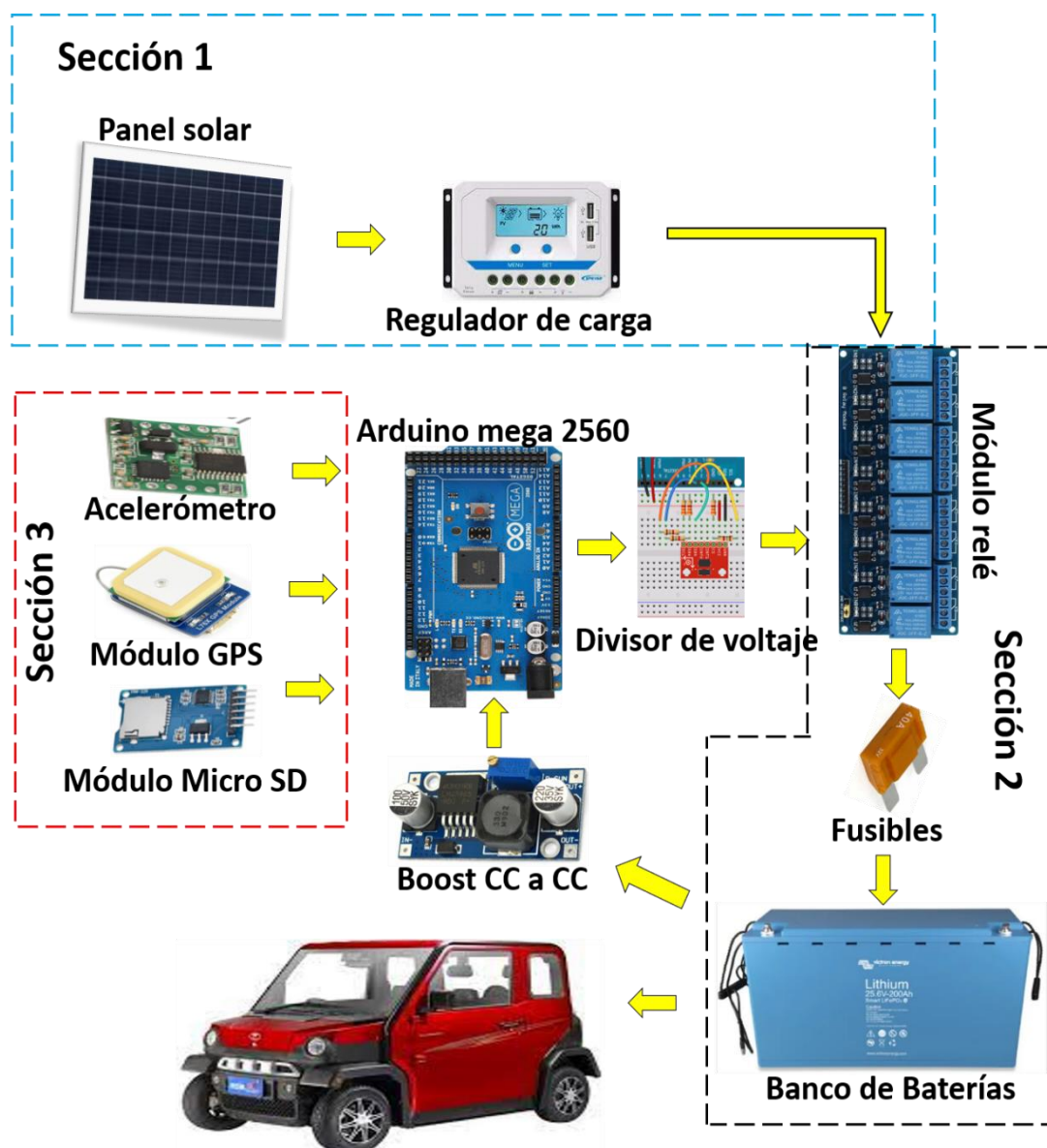


Ilustración 36. Componentes que se encontraron en el VE.

Fuente: Autor.

3.6.2. Cambios realizados en el sistema de carga para el VE.

Para potenciar la eficiencia de control de carga y descarga del banco de baterías, se ha realizado mejoras al sistema de carga del VE de la Unidad Académica de Posgrados. Primero, se ha dado mantenimiento mecánico al vehículo para poder realizar los diferentes recorridos y pruebas. Así mismo, se generan los sistemas de adquisición de datos en tiempo real de carga mediante el panel fotovoltaico y descarga de las baterías del VE (lo cual se detalla a profundidad en los siguientes párrafos). De esta manera, se puede comprobar la eficiencia del método de carga con energía fotovoltaica, si la carga diaria (aproximadamente 8 horas) realizada mientras los docentes se encuentran laborando, es suficiente para su movilización, desde sus hogares hasta su trabajo y

viceversa. También, se comprueba la eficiencia y la duración de la carga de las baterías en distintas rutas y condiciones.

Para la obtención de los datos en tiempo real, se puede conectar a través del puerto serial o en su caso para un análisis posterior descargarlos desde la micro memoria SD; ya que allí, se guarda todos los datos censados, como son el consumo de corriente y el voltaje de cada batería, inclinación del vehículo, corriente y voltaje generados por el panel fotovoltaico.

En la *Ilustración 37*, se presenta un esquema con los componentes que se mejoraron del sistema de carga del VE, los cuales están divididos en cuatro secciones.

Sección 1: Conformado por un sistema de generación a través del panel solar, el cual está conectado al regulador de carga y posteriormente al banco de baterías. Se integró un sistema de medición de corriente mediante una resistencia Shunt (75 mV a 50 A). La medida de voltaje de esta resistencia que es una medida indirecta de la corriente generada por el panel fotovoltaico, se transforma a una señal digital mediante el ADC modelo ADS 1115. Esta alternativa fue considerada, ya que la resistencia shunt entrega un voltaje de valor muy pequeño (en este caso la corriente máxima del panel es de 8.93 A, lo que equivale a un voltaje de 0.6697 V). El puerto ADC de un Arduino Mega 2560 tiene una resolución de 10 bits en un voltaje entre 0 y 5V, mientras que el ADS 1115 tiene una resolución de 16 bits en un voltaje programable en 7 rangos (0.256V ~ + 0.256V, -0.512V ~ + 0.512V, -1.024V ~ + 1.024V, -2.048V ~ + 2.048V, -4.096V ~ + 4.096 V, -6.144V ~ + 6.144V); se selecciona el rango de ~ + 1.024V. La señal eléctrica convertida a digital es leída mediante un Arduino nano y a su vez enviada mediante una comunicación serie Bluetooth al Arduino Mega 2560 (módulo central), mediante un módulo Bluetooth HC-05. La alimentación de toda esta sección se realiza mediante un Power Bank, ya que es imposible igualar los potenciales entre el panel solar, el regulador y el VE. Esto debido a que el regulador de voltaje iguala los potenciales desde el positivo y no desde el negativo.

Sección 2: Se encuentra el sistema de protecciones y sistema de almacenamiento, que como ya se mencionó, está conformado por un banco de 5 baterías conectadas en serie. Cada batería es cargada de manera individual a través de un módulo relé de 10 canales que se activan o desactivan por pares de acuerdo al nivel de voltaje de cada batería, teniendo como prioridad cargar la batería que tiene mayor porcentaje de descarga.

Sección 3: Por los módulos ya descritos, pero se añade un módulo Bluetooth HC-05 el cual recibe la información de la corriente del panel solar y la envía a través de una conexión serie física I2C al Arduino Mega 2560.

Sección 4: Conformado por un sistema de medición de corriente total del VE, el cable de alimentación general proveniente de las cinco baterías se interconecta a través de una resistencia Shunt (75 mV a 100 A). La medida de voltaje de esta resistencia que es una medida indirecta de la corriente consumida por todo el VE, se transforma a una señal digital mediante otro ADC modelo ADS 1115, el cual envía la información al Arduino Mega 2560.

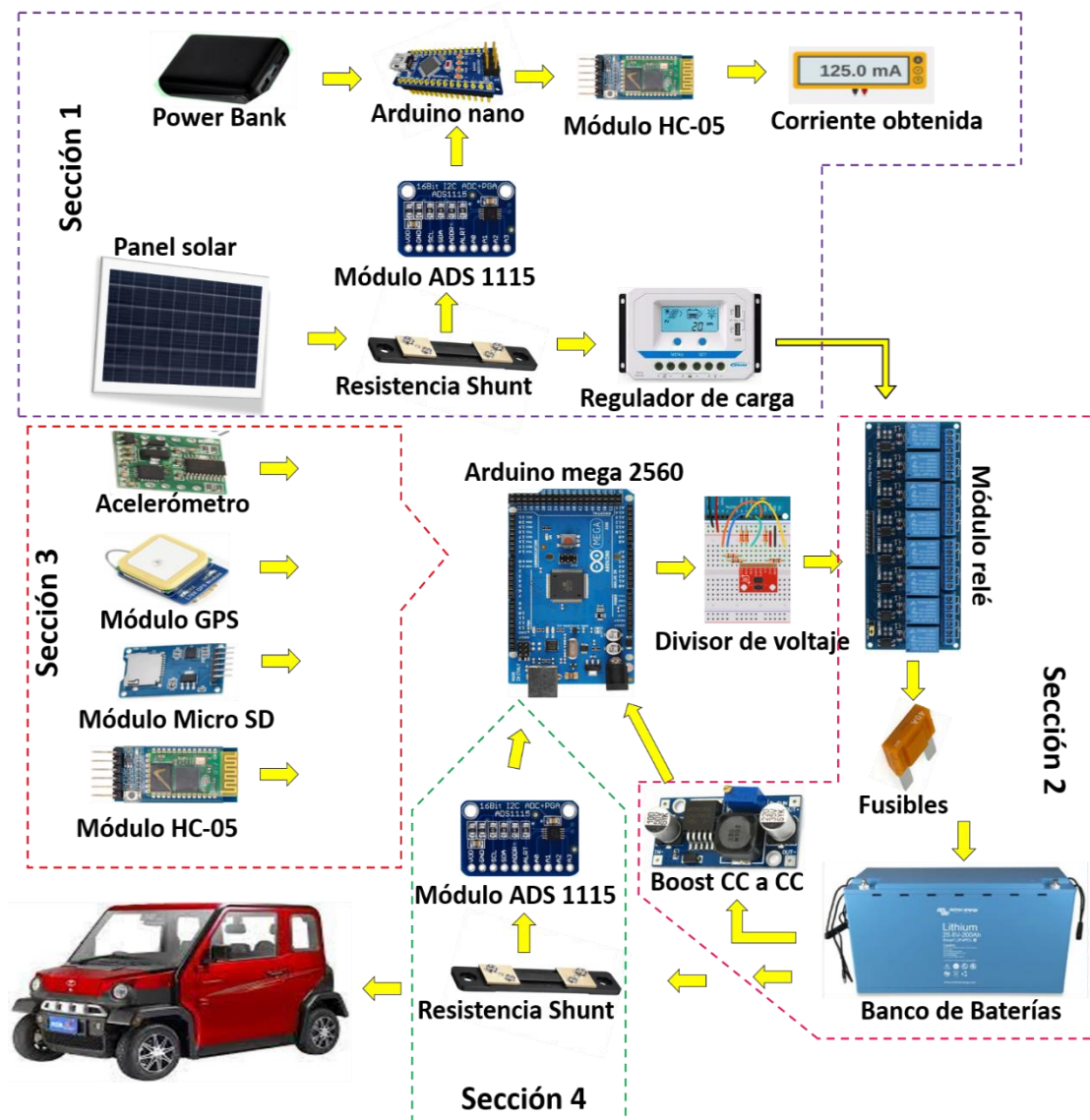


Ilustración 37. Componentes del circuito de carga mediante el panel fotovoltaico.

Fuente: Autor.

3.7. Realización de rutas

Como primer paso, se encontró la información georreferenciada de cada vivienda y la dependencia de los docentes. Con estas, se establece las rutas, las cuales el VE recorre durante un mes (se trabajó durante el mes de mayo del 2022, se eligió este ya que es el mes con menor irradiación solar promedio). Con las rutas trazadas se define las rutas con mayor y menor pendiente, con menor y mayor distancia, para escoger las rutas a realizarse con el VE para poder hacer el recorrido.

3.8. Análisis de datos

Para determinar los datos de nuestro caso de estudio, se ha tomado como universo a todos los docentes de la Universidad Católica de Cuenca dividiendo en grupos por facultades, mediante la *Tabla 2*, se establece el número de docentes que conforman cada carrera, para realizar el recorrido desde sus domicilios hacia sus respectivas facultades, para determinar si el VE es autosustentable mediante la carga con el panel solar.

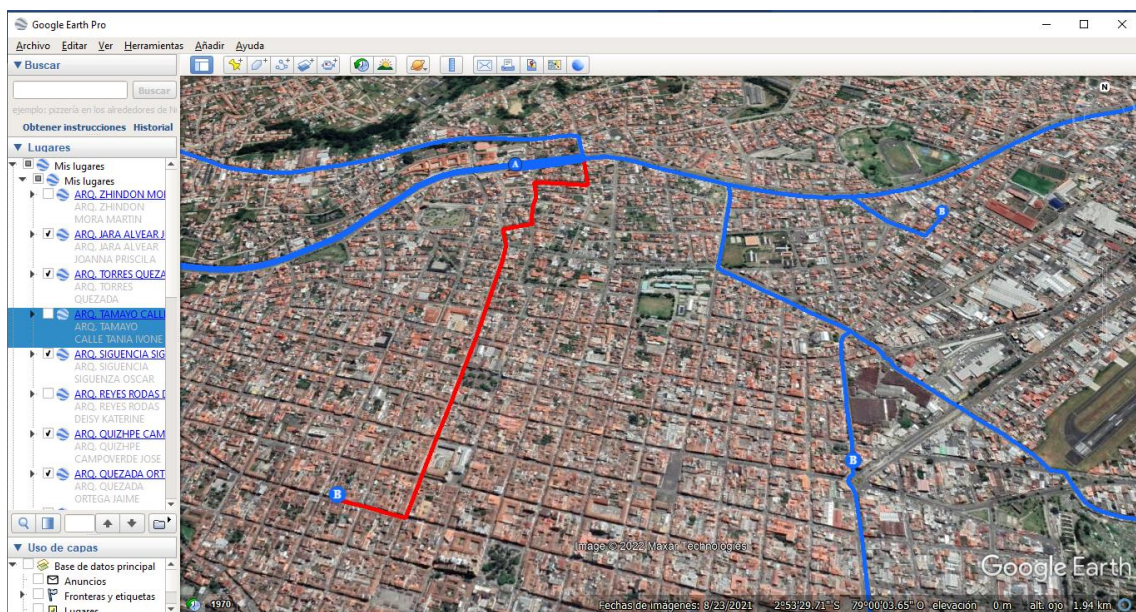


Ilustración 38. Componentes del circuito de carga mediante el panel fotovoltaico.

Fuente: Autor.

Tabla 2. Análisis de cuantos docentes existen en cada carrera de la UCACUE.

Carreras de la Universidad Católica de Cuenca	Número de docentes
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	11
Arquitectura	21
Ingeniería Civil	13
Ingeniería Ambiental	7
Arquitectura y Urbanismo	2
Otras carreras	6
Medicina	70
Enfermería	23
Odontología	62
Bioquímica y farmacia	96
Psicología Clínica	21
Total, de docentes	332

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el desarrollo del presente capítulo, se muestra los resultados obtenidos y se expone su respectivo análisis. Este capítulo empieza con la recolección de las ubicaciones de las viviendas para el trazado de las diferentes rutas (las otras fases previas, son las desarrolladas en el estado del arte del presente trabajo), las cuales serán analizadas para seleccionar las rutas a ser recorridas por el VE. Determinando así, si la carga obtenida mediante el panel solar es suficiente para compensar toda la energía consumida por el VE, durante el recorrido de la ruta de los docentes y de esta forma poder demostrar si es factible la movilización de los docentes de la UCACUE matriz Cuenca mediante movilidad Neta Zero.

4.1. Muestra poblacional de los docentes de la Universidad Católica Matriz Cuenca

En la *Tabla 3*, se ha definido los estratos de cada carrera que son evaluadas, obteniendo un promedio proporcional de la muestra para realizar los recorridos con el VE. Se ha definido y se ha separado cuantos sujetos existen en cada una de las carreras, dando de forma global 1123 docentes en la Universidad Católica, matriz. Para ello, se ha elaborado los siguientes cálculos con la fórmula de la población que se detalló en el capítulo anterior. Se determinó un valor de 332 docentes como una muestra para la realización del trazado de las rutas.

Tabla 3. Análisis de cuantas rutas se realizan mediante la fórmula del muestreo.

Resolución de ejercicio mediante la fórmula del muestreo		
Nivel de confianza	N.C	0,91
Proporción de éxito	P	0,5
Proporción de fracaso	Q	0,5
Cantidad de sujetos de la población	N	1123
Error	E	0,034
Valor de la muestra	N	332
Número total del muestreo de los docentes de la Universidad Católica, matriz		332 (Docentes UCACUE)
Identificación de docentes de la (UCACUE) para la muestra		
Estrato	Identificación	N° sujetos en el estrato

1	Ingeniería Eléctrica Y Electrónica	18
2	Arquitectura	24
3	Ingeniería Civil	17
4	Ingeniería Ambiental	7
5	Arquitectura y Urbanismo	2
6	Otras carreras	6
7	Medicina	106
8	Enfermería	26
9	Odontología	71
10	Bioquímica y Farmacia	18
11	Psicología Clínica	37
TOTAL		1123
TOTAL, DE MUESTREO	332	

Fuente: Autor.

4.2. Localización de direcciones de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca.

Mediante una solicitud al Departamento de Talento Humano de la Universidad Católica de Cuenca, se pudo obtener las diferentes direcciones de los docentes de la Universidad, para con estas graficar y analizar las posibles rutas para el recorrido con el VE.

4.2.1. Rutas realizadas de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca

Mediante la aplicación de Google My Maps, se ha puesto las diferentes ubicaciones para la enmarcación de las rutas como se observa en la *Ilustración 39*.

una elevación máxima de 2604 m (punto de partida), elevación media 2563 m y una elevación mínima de 2536 m sobre el nivel del mar (punto de finalización). No hay que olvidar, que estos puntos se invertirán para el caso del retorno del Docente a su domicilio.

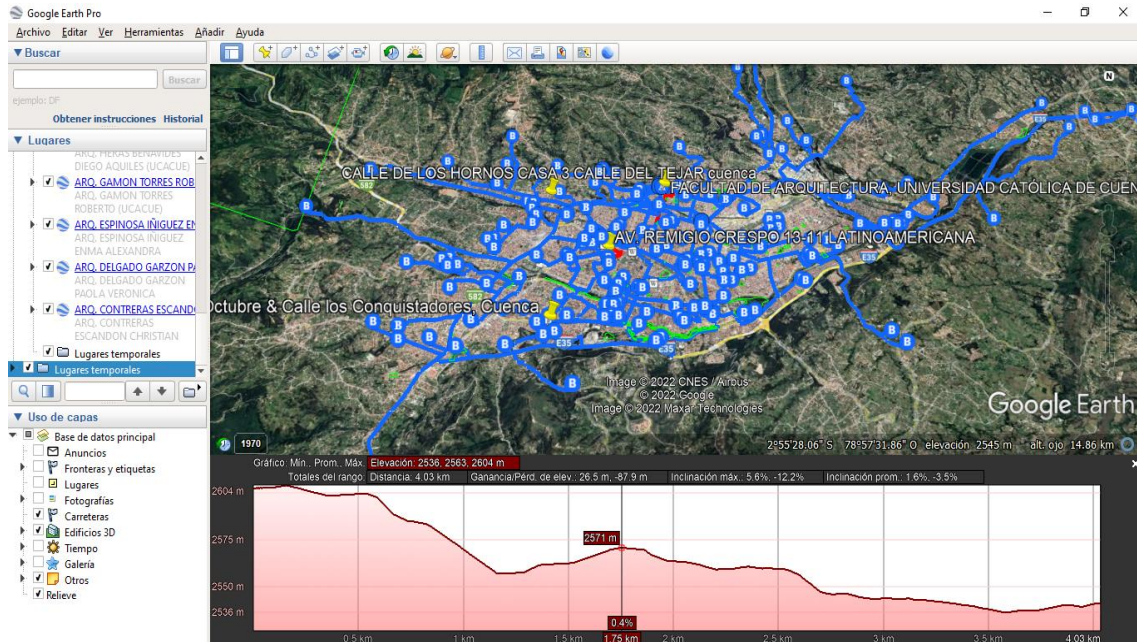


Ilustración 41. Rutas designadas para el recorrido con el VE.

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 42*, se puede apreciar las configuraciones que se obtienen de una ruta marcada: el nombre de la ruta, nombre del docente y su punto de inicio/partida, el color de la línea a realizar. Adicionalmente, se puede obtener latitud, longitud, alcance, encabezado, inclinación y otros parámetros que ofrece la aplicación Google Earth.

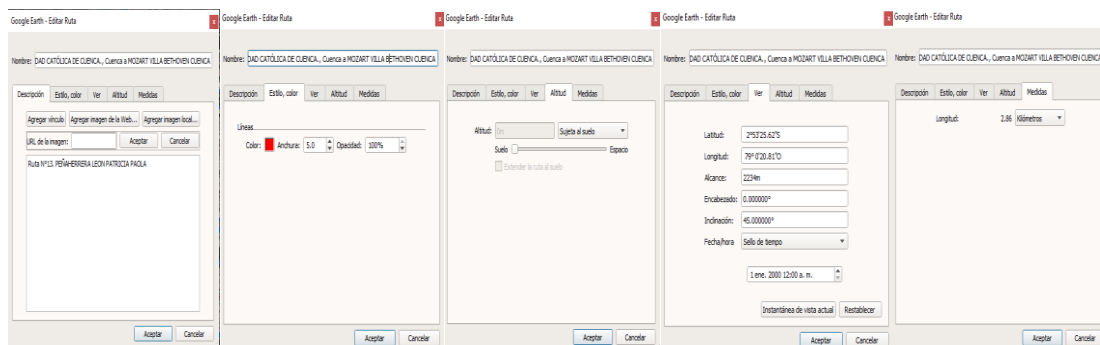


Ilustración 42. Detalle de las propiedades de una ruta marcada.

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 43*, se muestra el cambio de las diferentes coordenadas georreferenciadas de las rutas a formato de texto (aplicación TCx Converter), con esto se consigue que los datos puedan ser analizados en una Hoja de Cálculo como Microsoft Excel. En Excel se puede manejar de manera global los datos, graficar todas las rutas y estimar todas sus pendientes.

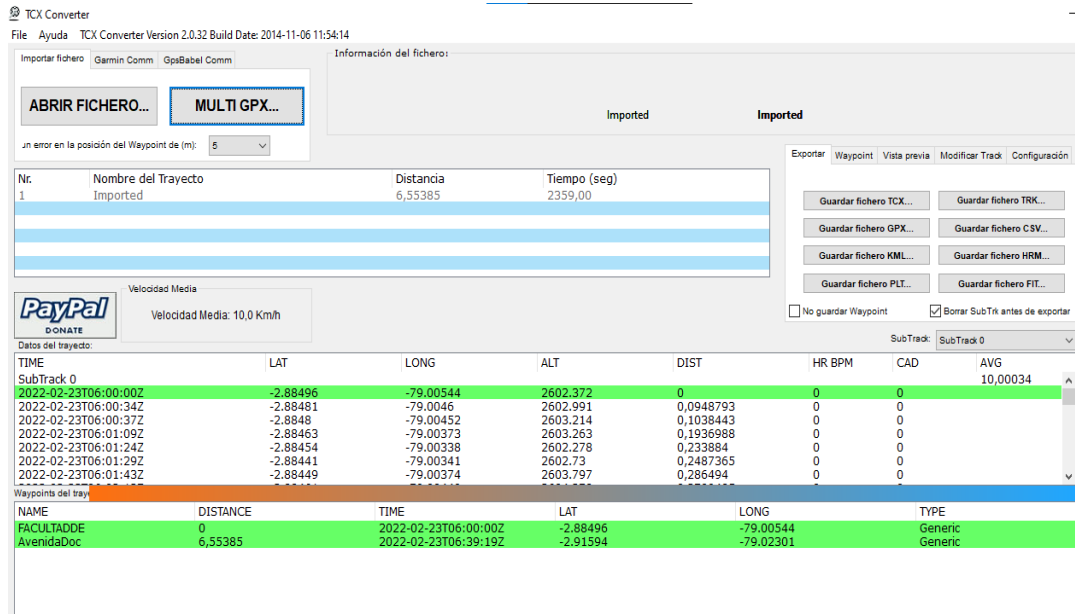


Ilustración 43. Aplicación utilizada para el cambio de formatos de GPX a CSV.

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 44*, se puede ver la gráfica obtenida con sus valores de distancia y la altura, lo cual permite analizar el nivel de inclinación de la ruta mencionada o seleccionada. De esta manera, se puede considerar en los trayectos los lugares con mayor consumo y menor consumo energético del VE.

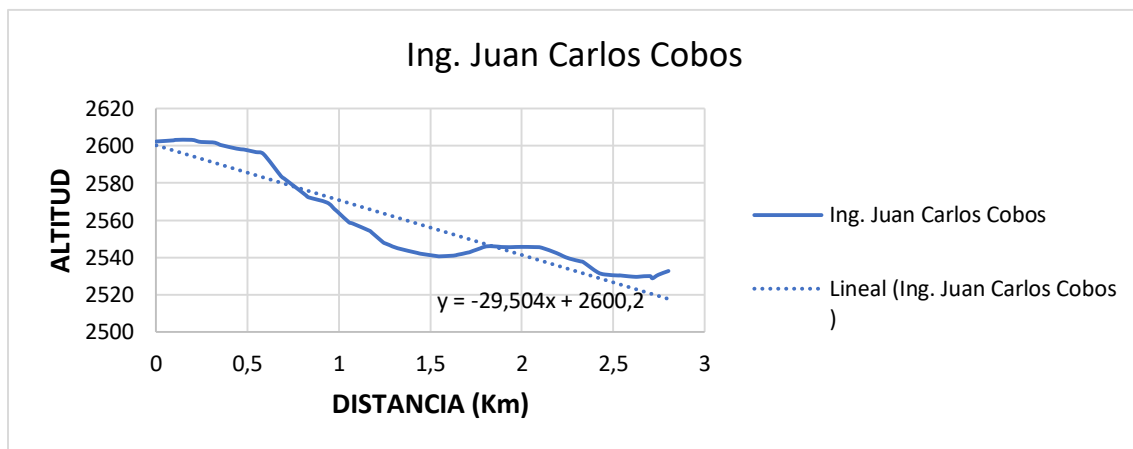


Ilustración 44. Ruta graficada, se representa la distancia y ecuación de la línea de tendencia.

Fuente: Autor.

4.2.3. Rutas por carreras

A continuación, mediante varias ilustraciones se detalla el trazado de las rutas de cada docente agrupado por carreras: Ingeniería Eléctrica y Electrónica (*Ilustración 45*), Ingeniería Civil (*Ilustración 46*), Ingeniería Ambiental (*Ilustración 47*), Arquitectura (*Ilustración 48*), Arquitectura y Urbanismo (*Ilustración 49*), Medicina (*Ilustración 50*), Enfermería (*Ilustración 51*), y Odontología (*Ilustración 52*), Bioquímica y Farmacia (*Ilustración 53*), Psicología Clínica (*Ilustración 54*). Para ello, se encuentra especificando las alturas y distancias; también cabe recalcar que todas las rutas se encuentran dentro de la ciudad de Cuenca.

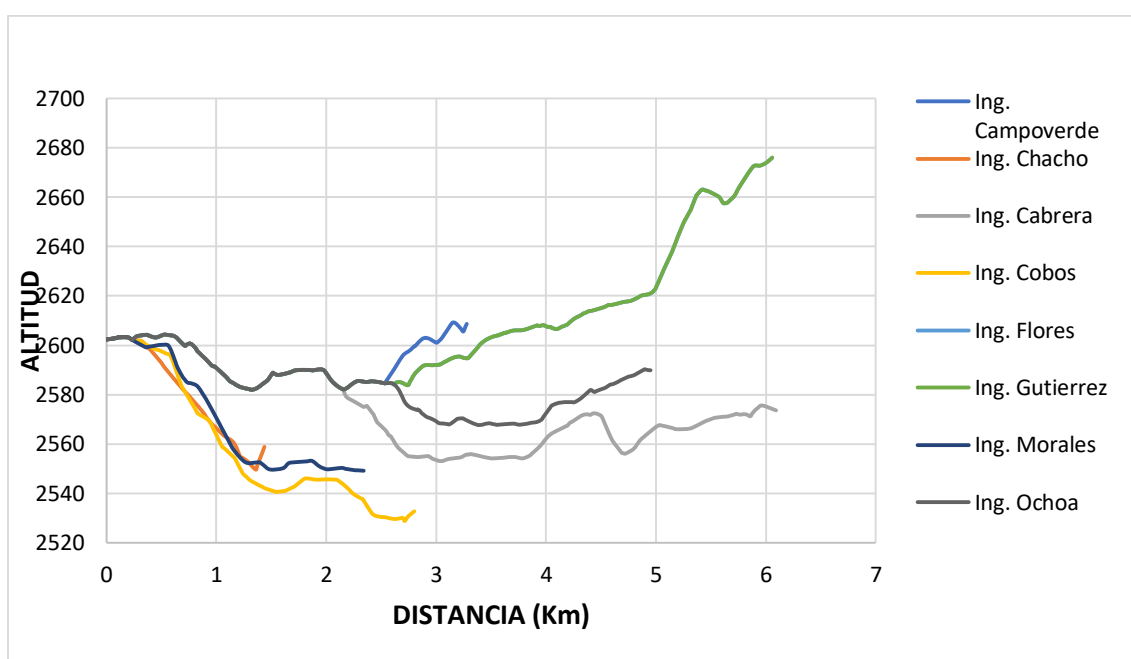


Ilustración 45. Rutas de docentes de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Fuente: Autor.

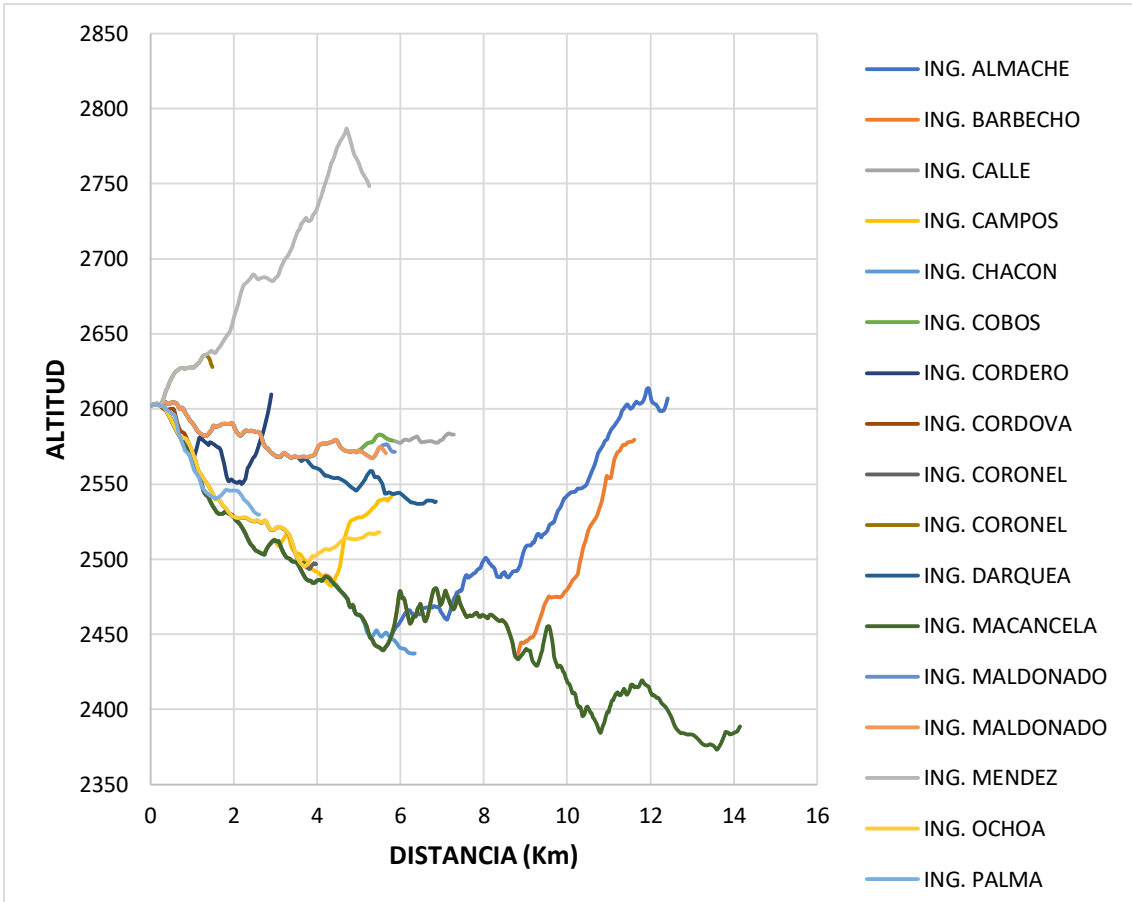


Ilustración 46. Rutas de docentes de Ingeniería Civil.

Fuente: Autor.

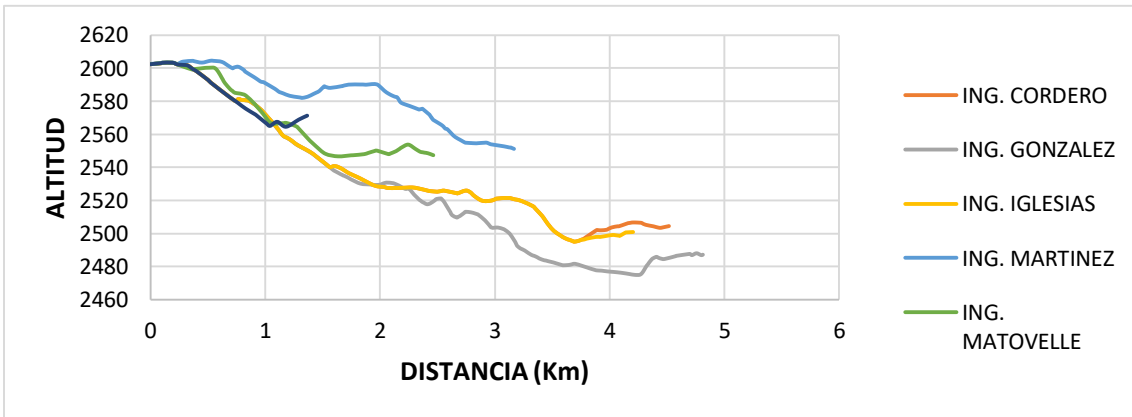


Ilustración 47. Rutas de docentes de Ingeniería Ambiental.

Fuente: Autor.

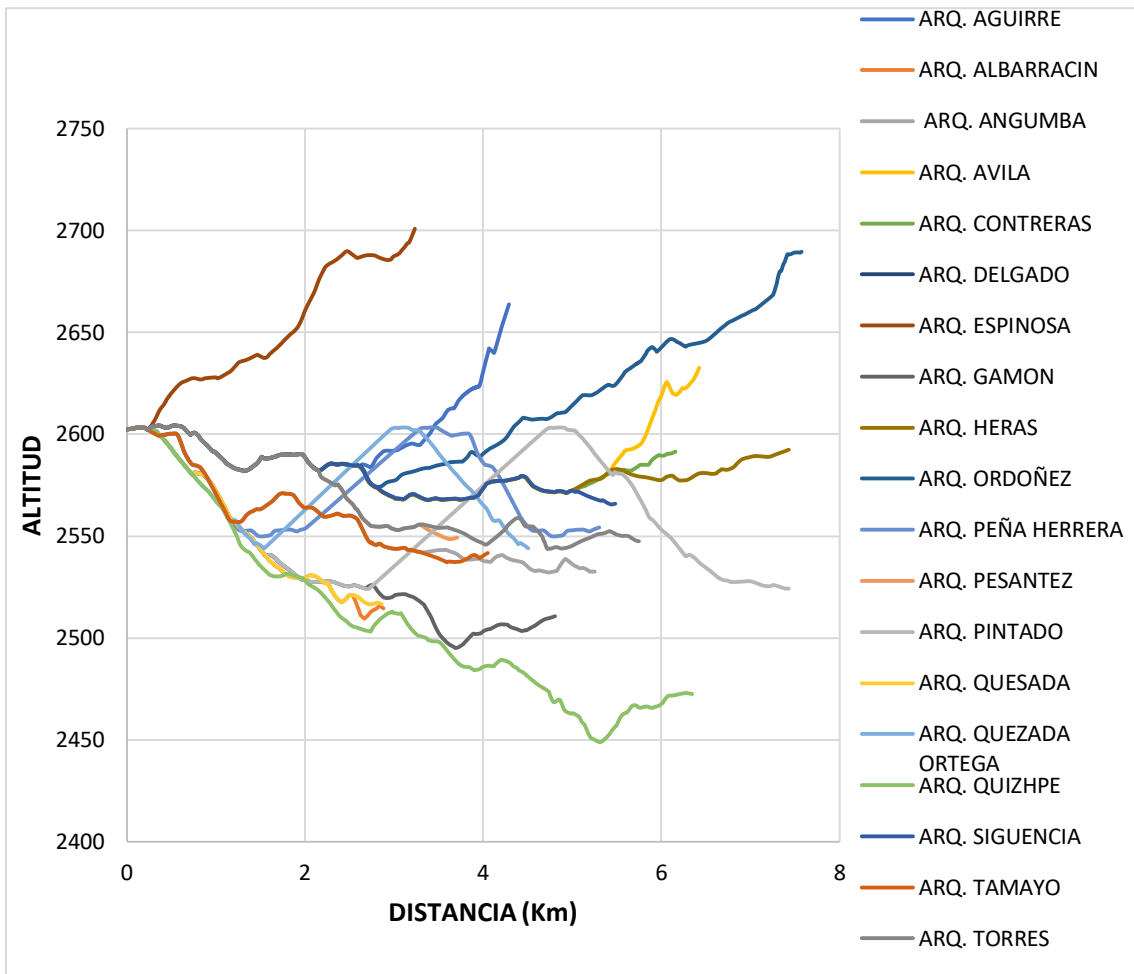


Ilustración 48. Rutas de docentes de Arquitectura.

Fuente: Autor.

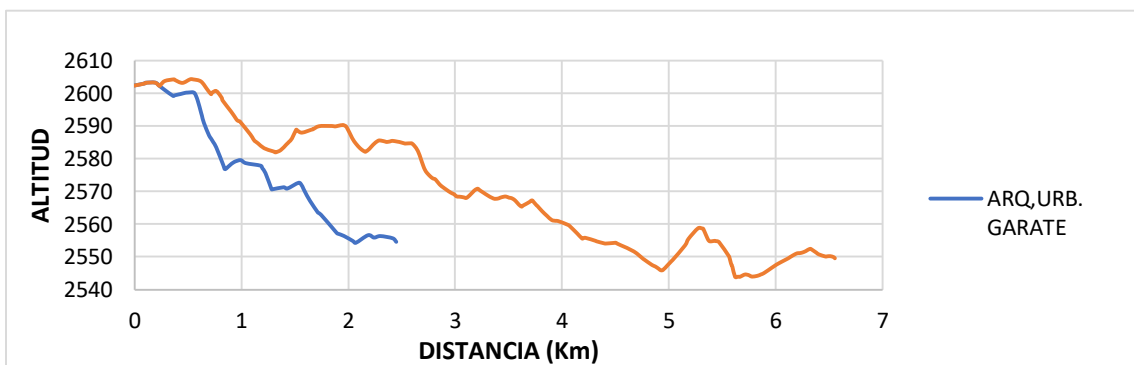


Ilustración 49. Rutas de docentes de Arquitectura y Urbanismo.

Fuente: Autor.

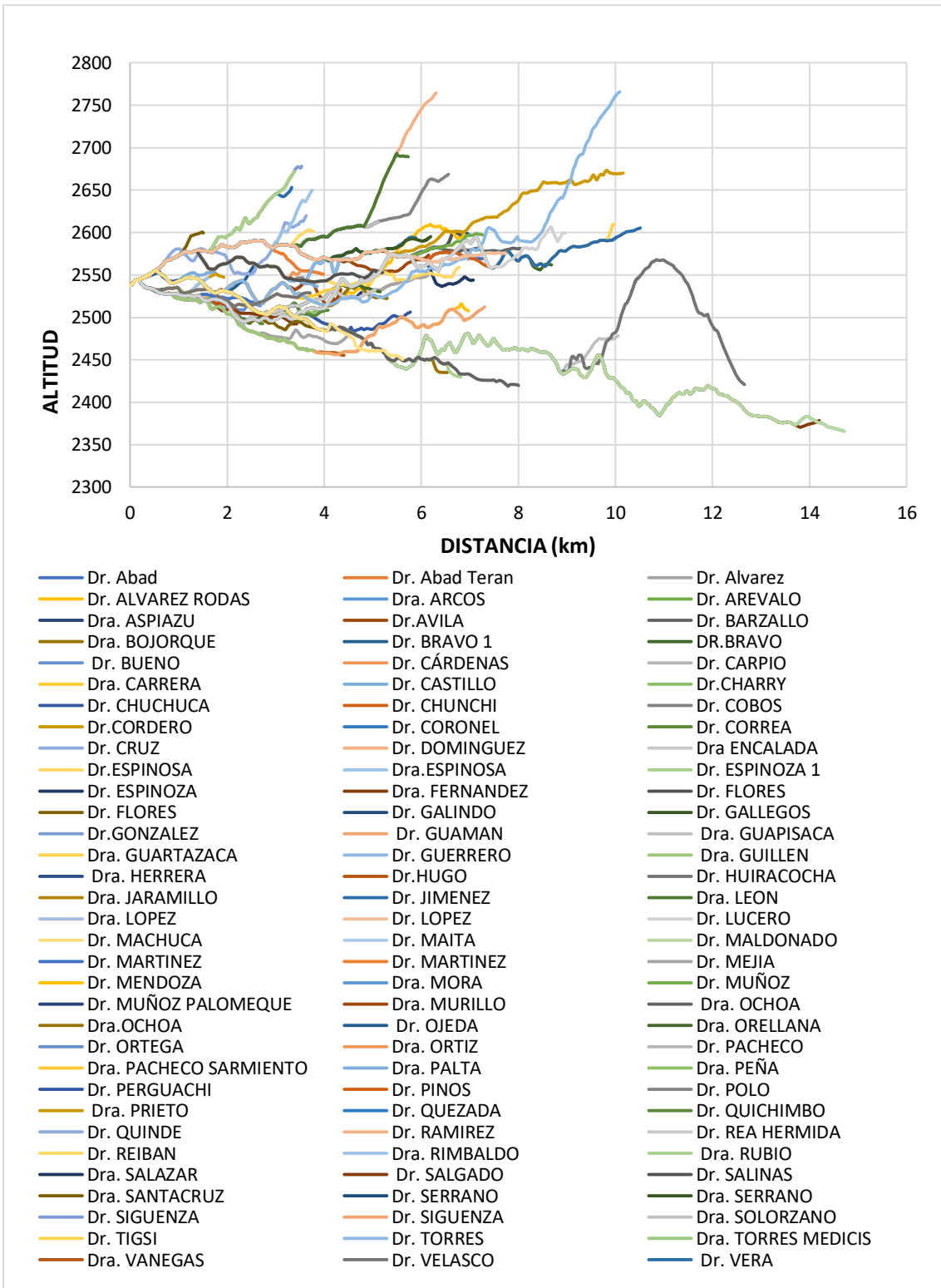


Ilustración 50. Rutas de docentes de Medicina.

Fuente: Autor.

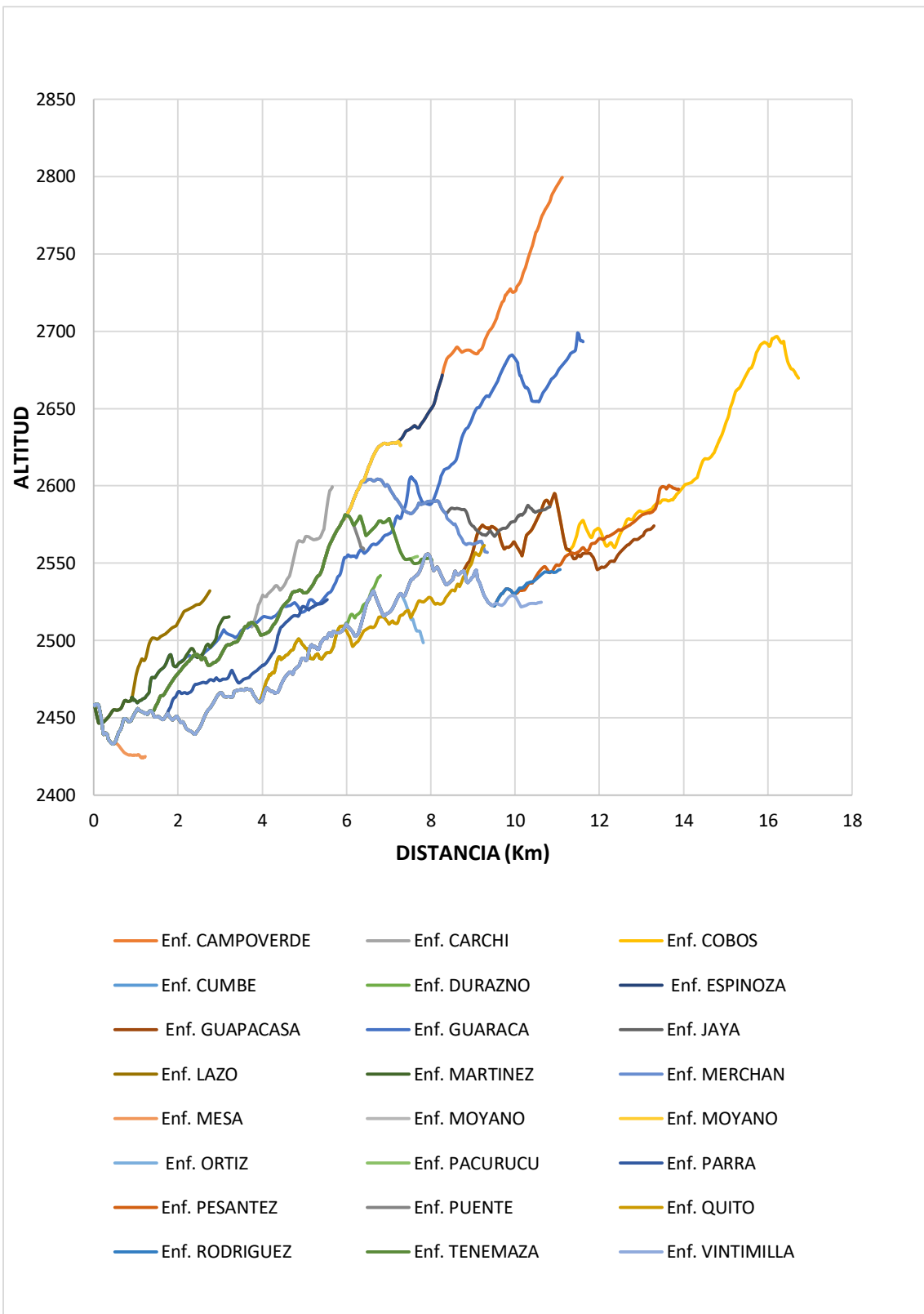


Ilustración 51. Rutas de docentes de Enfermería.

Fuente: Autor.

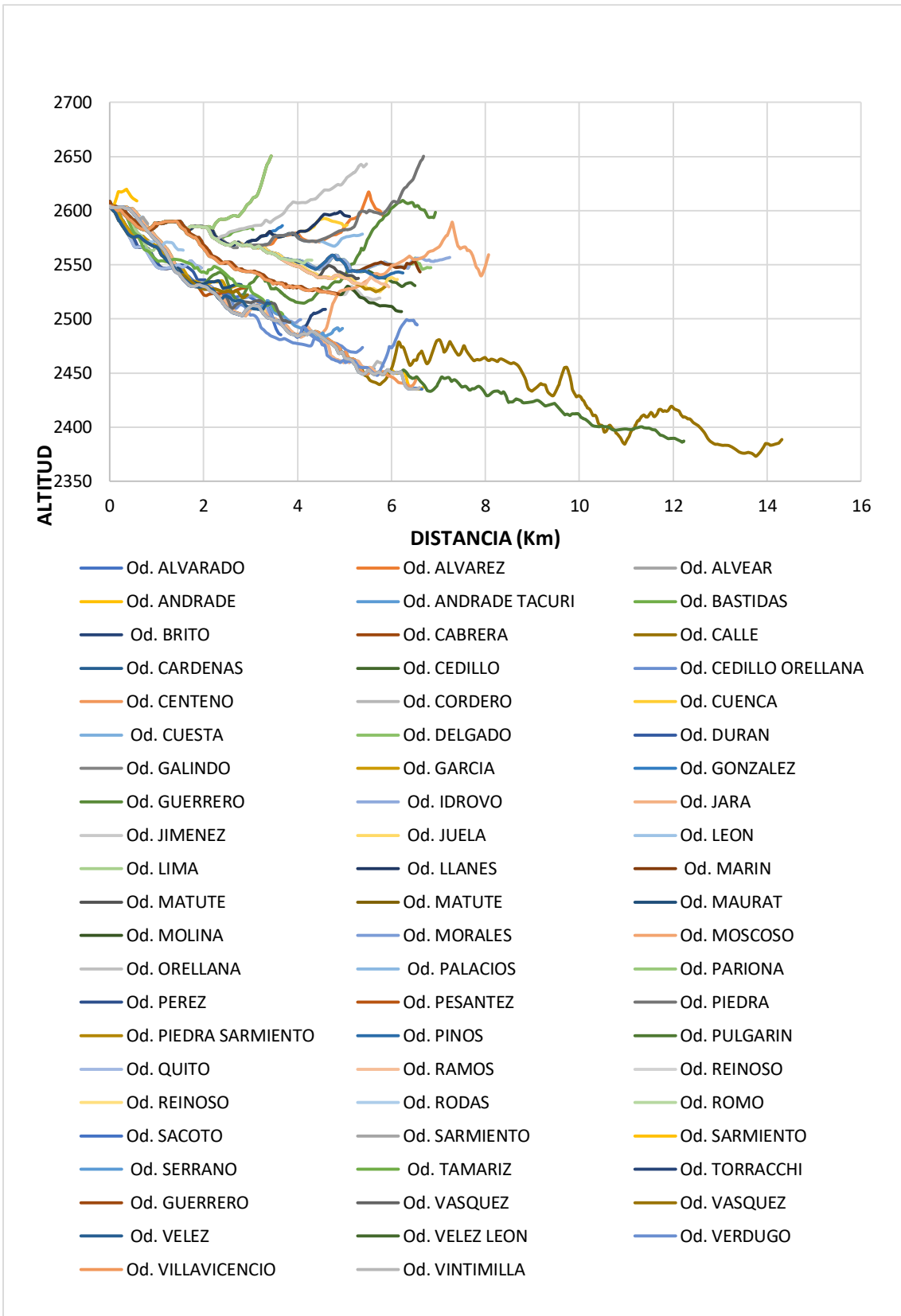


Ilustración 52. Rutas de docentes de Odontología (UCACUE).

Fuente: Autor.

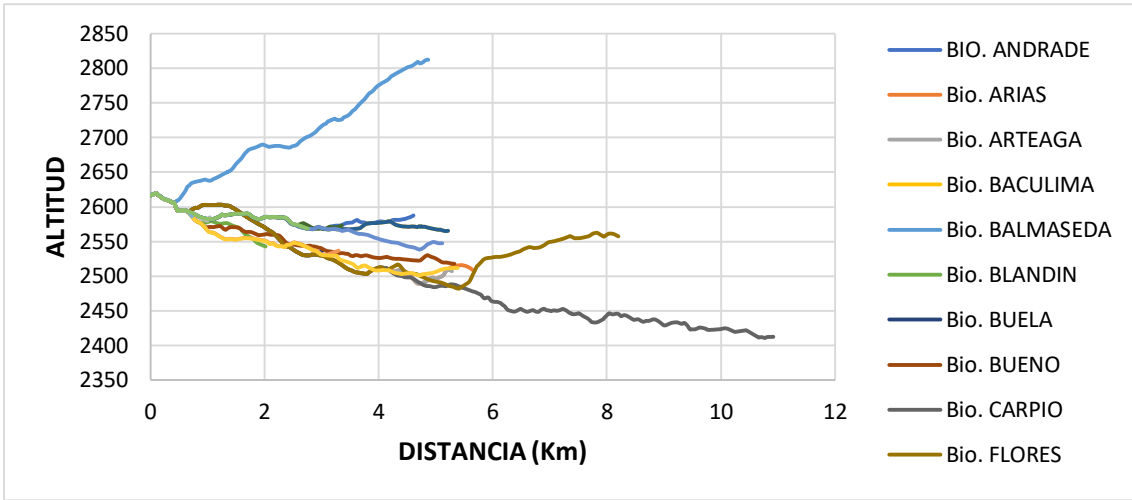


Ilustración 53. Rutas de docentes de Bioquímica y Farmacia.

Fuente: Autor.

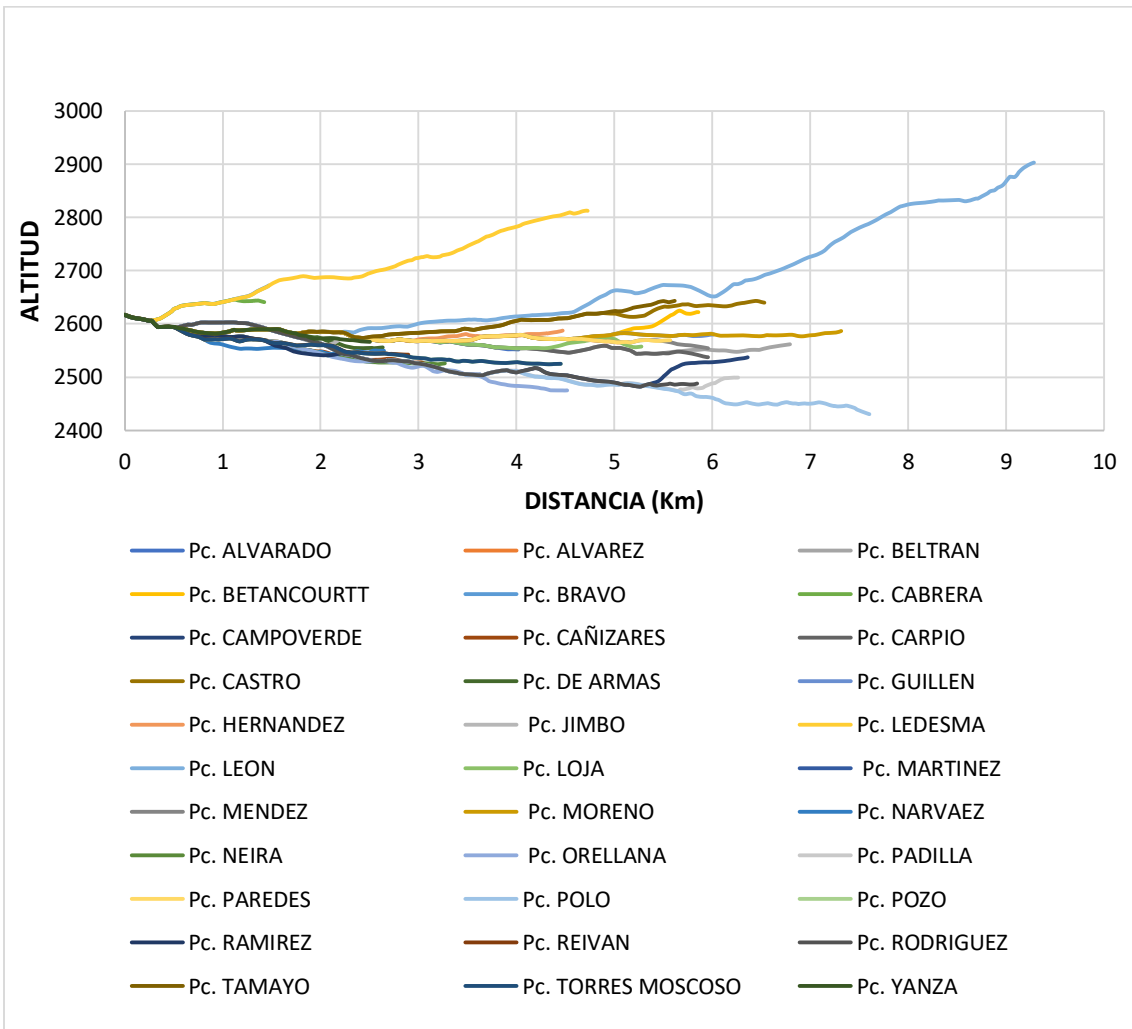


Ilustración 54. Rutas de docentes de Psicología Clínica.

Fuente: Autor.

A continuación, en la *Tabla 4* se presenta un resumen de todas las rutas donde se puede apreciar la distancia e inclinación máxima, media y mínima.

Tabla 4. Distancias Máximas, Mínimas, Cortas e Inclinación de todas las distancias.

Carrera	Distancia	Km	Inclinación de la ruta Máxima, Media y Mínima
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Máxima	6,09	5,43
	Media	4,11	2,71
	Mínima	1,43	42,15
Ingeniería Civil	Máxima	14,15	13,06
	Media	5,78	11,99
	Mínima	1,04	33,43
Ingeniería Ambiental	Máxima	4,81	27,75
	Media	3,68	18,35
	Mínima	1,36	35,95
Arquitectura	Máxima	7,57	14,31
	Media	5,25	12,93
	Mínima	2,01	44,44
Arquitectura y Urbanismo	Máxima	6,55	9,54
	Mínima	2,44	24,30
Medicina	Máxima	14,71	12,36
	Media	4,51	2,73
	Mínima	0,66	16,94
Enfermería	Máxima	16,72	13,56
	Media	8,14	27,73
	Mínima	1,22	22,82
Odontología	Máxima	14,72	28,35
	Media	4,95	18,30
	Mínima	0,57	22,18
Bioquímica y Farmacia	Máxima	10,92	19,17
	Media	4,98	43,99
	Mínima	0,72	47,85
Psicología Clínica	Máxima	9,28	34,03
	Media	4,72	44,77
	Mínima	1,42	28,79

Fuente: Autor.

Se ha seleccionado 3 rutas por cada carrera de la Universidad Católica de Cuenca las cuales representan a una distancia máxima, media y corta. Así mismo, se ha representado la inclinación que se encuentra en cada ruta seleccionada. Mediante el análisis de las distancias obtenidas se realiza los recorridos con los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, las cuales consta con características especiales en sus rutas, como no tener distancias mayores a los 6 Km; lo cual, permite realizar los recorridos completos sin realizar descargas profundas al VE que afecten o dañen permanentemente sus baterías. Adicionalmente, la inclinación de las rutas de esta

carrera se encuentra entre las máximas y finalmente sus rutas atraviesan el centro histórico, lo cual puede afectar el consumo energético del VE.

4.3. Implementación de los componentes en el VE.

El presente proyecto busca reemplazar la recarga eléctrica convencional desde la red eléctrica, por la recarga solar mediante un panel solar instalado en un VE.

4.3.1. Panel solar fotovoltaico.

En la *Ilustración 55*, se puede apreciar el panel fotovoltaico que se encuentra colocado en la parte superior del VE, a través de este panel se realiza la captación de radiación solar para convertirla en energía eléctrica (corriente continua) y así poder aportar o conservar la energía en las baterías para el funcionamiento correcto del VE.

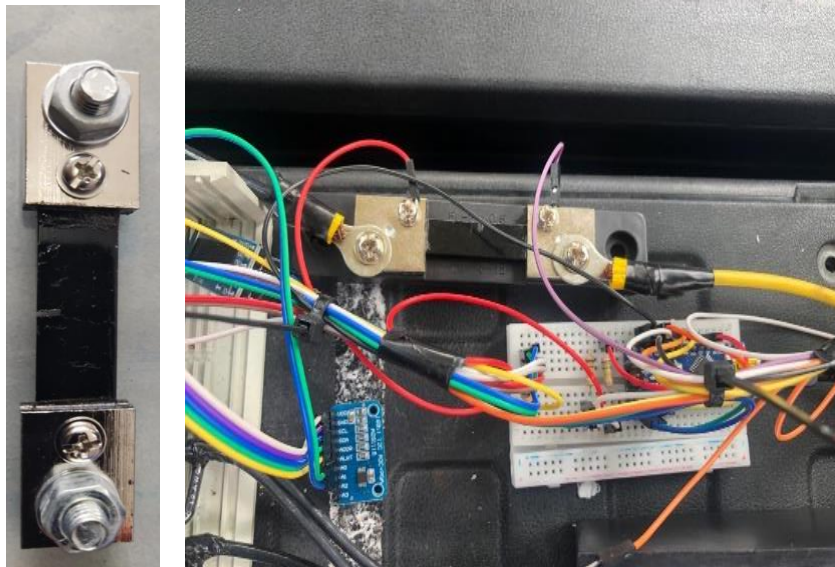


Ilustración 55. Panel solar fotovoltaico ubicado en el VE (UCACUE).

Fuente: Autor.

4.3.2. Resistencia shunt.

En la *Ilustración 56* e *Ilustración 57*, se puede observar la conexión de una resistencia shunt entre el panel solar y el regulador de carga, también entre el banco de baterías y la carga total del VE. Esta es una resistencia de bajo valor óhmico. La finalidad de esta implementación es poder obtener los valores de amperaje, cuando el vehículo se encuentre estacionado y también cuando se encuentra en movimiento. Junto con el valor del voltaje del banco de las baterías y del regulador de carga, se puede calcular la potencia consumida y generada; para así, calcular la autonomía de la duración de las baterías del VE y determinar si podrá realizar el recorrido de una manera eficaz únicamente con carga solar.

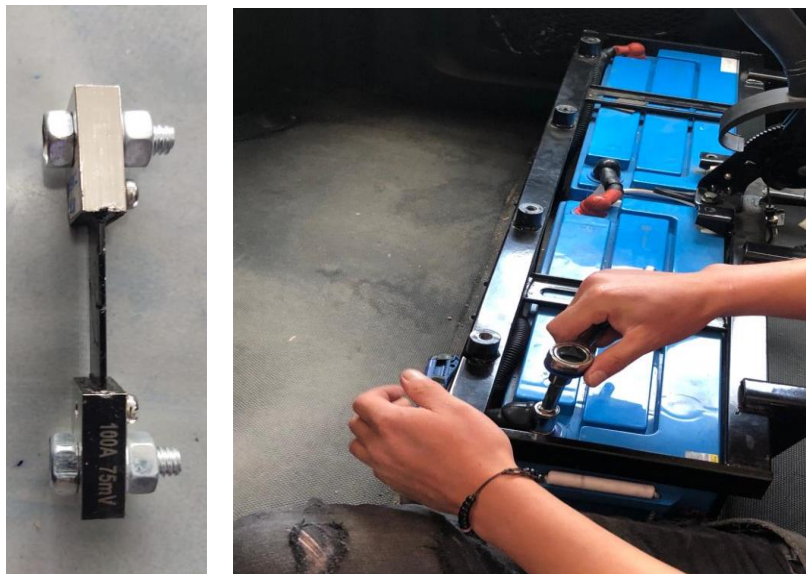


(a)

(b)

Ilustración 56. (a) Resistencia Shunt, (b) Ubicación e implementación de la resistencia Shunt entre el panel solar y el regulador de carga.

Fuente: Autor.



(a)

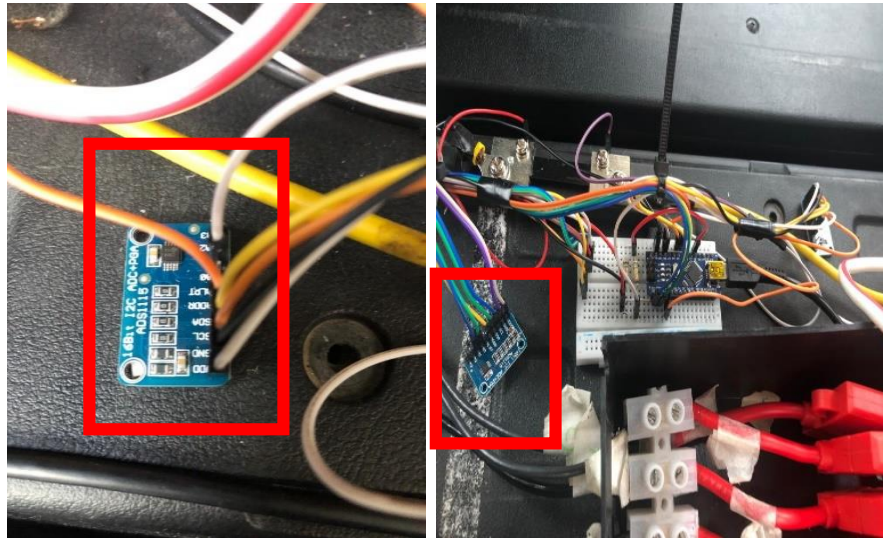
(b)

Ilustración 57. (a) Resistencia Shunt, (b) Ubicación e implementación de la resistencia Shunt entre el banco de baterías y carga total del VE.

Fuente: Autor.

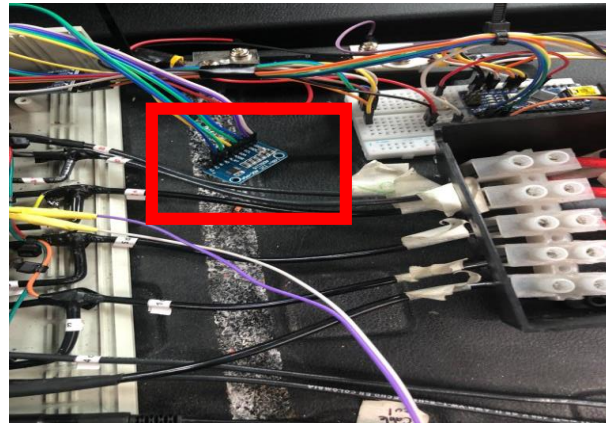
4.3.3. Módulo ADS1115

En la *Ilustración 58*, se encuentra el módulo ADS1115, es un convertidor analógico digital de 16-bit: Siempre que se utilicen estos tipos de módulos se obtendrá mayor precisión y calidad de conversión, como ya se detalló en el Capítulo 3.



(a)

(b)



(c)

Ilustración 58. (a) Módulo ADS1115 (b), (c) Conexión del módulo ADS 1115.

Fuente: Autor.

4.3.4. Módulo HC-05

En la *Ilustración 59*, se puede definir un módulo electrónico que emite información de datos mediante Bluetooth, así se evita quemar el módulo, ya que no se puede estabilizar las tierras del regulador de carga y con el circuito de carga.

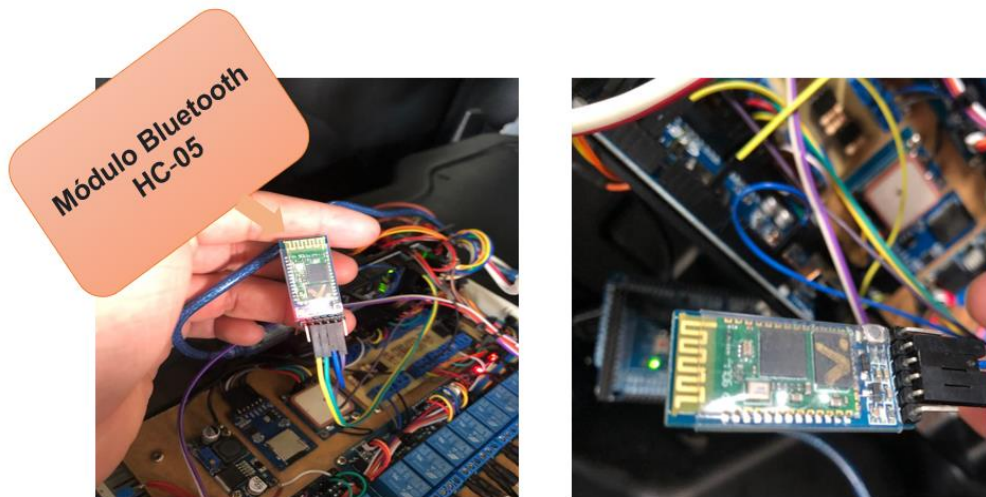
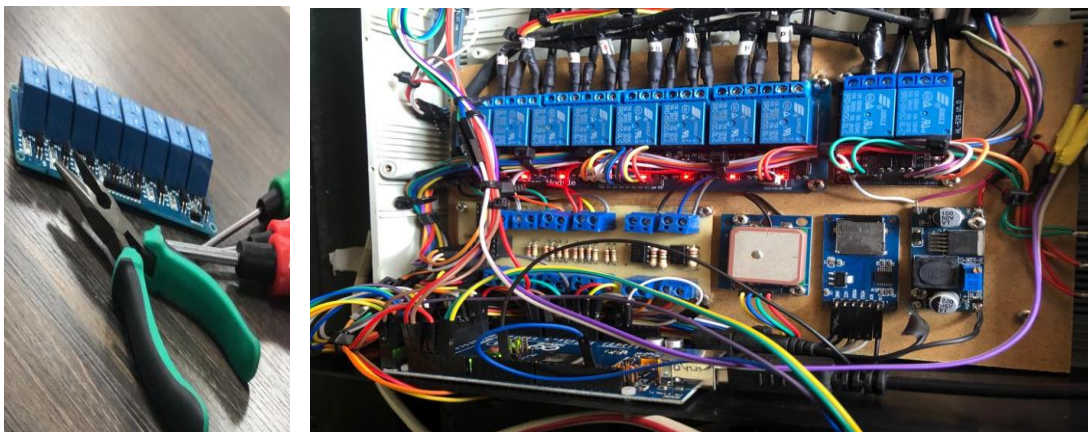


Ilustración 59. Ubicación e implementación de dos módulos Bluetooth HC-05.

Fuente: Autor.

4.3.5. Módulo relé de 8 canales

En la *Ilustración 60*, se puede observar un módulo relé de 8 canales, el cual permite conmutar cargas hasta de 10 amperios y 250 VAC. Las entradas de control de los módulos se encuentran aisladas con optoacopladores, para reducir el ruido recibido por el circuito de fuerza mientras se realiza la conmutación de carga.



(a)

(b)

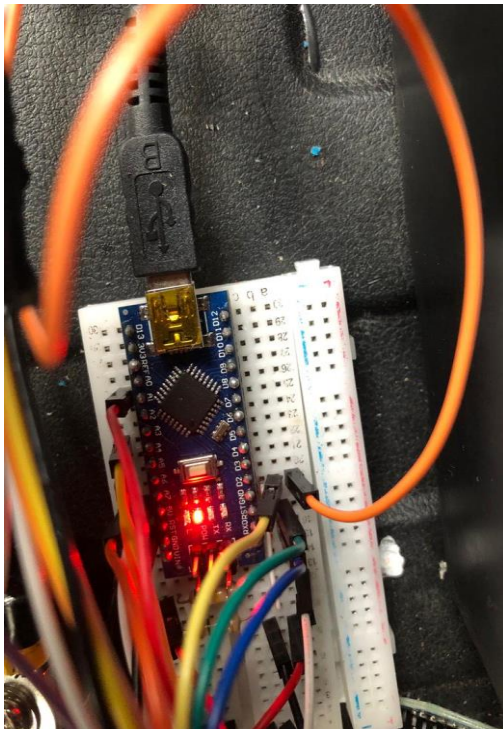
Ilustración 60. (a) Módulo relé de 8 canales (b) Conexión del módulo relé de 8 y 2 canales.

Fuente: Autor.

4.3.6. Arduino nano y Power Bank

En la *Ilustración 61*, se puede observar un Arduino Nano y Power Bank, este Arduino no se puede alimentar mediante el VE. Como ya se detalló en el Capítulo 3, el regulador de carga iguala los potenciales mediante el positivo; por lo cual, no se puede tener una referencia común para las mediciones. Por esta razón, tanto al Arduino Nano y al ADC

son alimentados mediante un puerto mini USB de un Power Bank. Este es un cargador portátil muy fácil de utilizar es recargable mediante un cable USB y tiene dos salidas de alimentación de 5 voltios hasta 1,8 amperios.



(a)



(b)

Ilustración 61. (a) Arduino Nano, (b) Power Bank.

Fuente: Autor.

4.3.7. Circuito de carga armado con todos los componentes

En las *Ilustración 61*, *Ilustración 62* e *Ilustración 63*, se puede determinar cómo quedó el sistema armado, estéticamente y conectando todos los módulos electrónicos y circuitos eléctricos al VE.

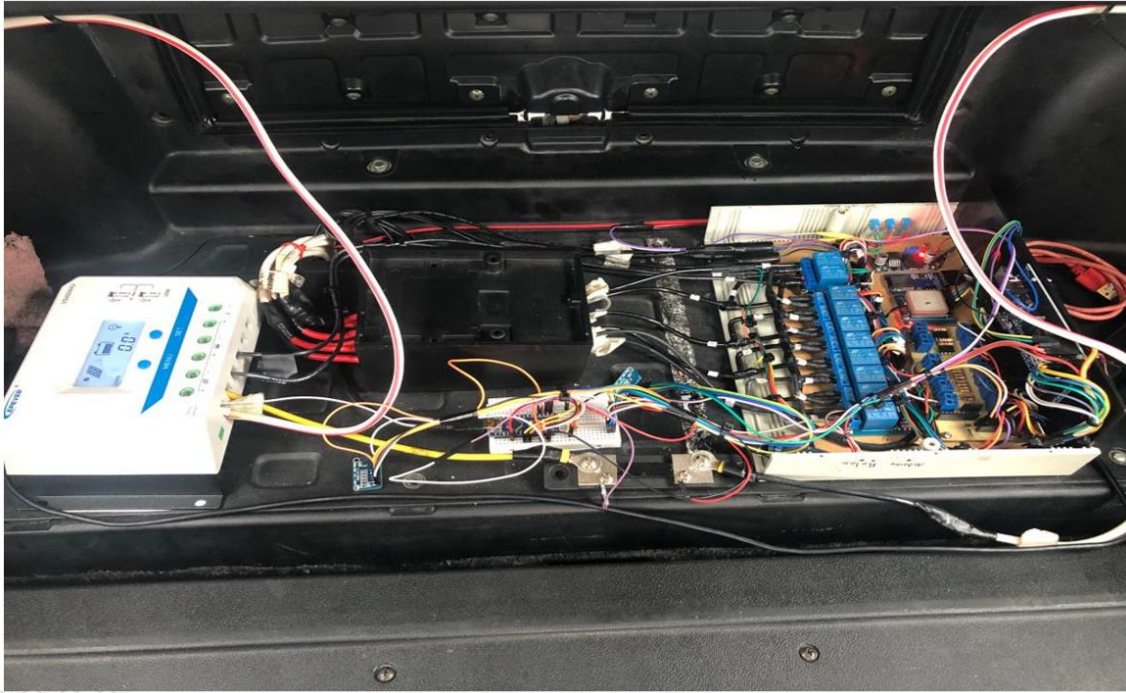


Ilustración 62. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.

Fuente: Autor.

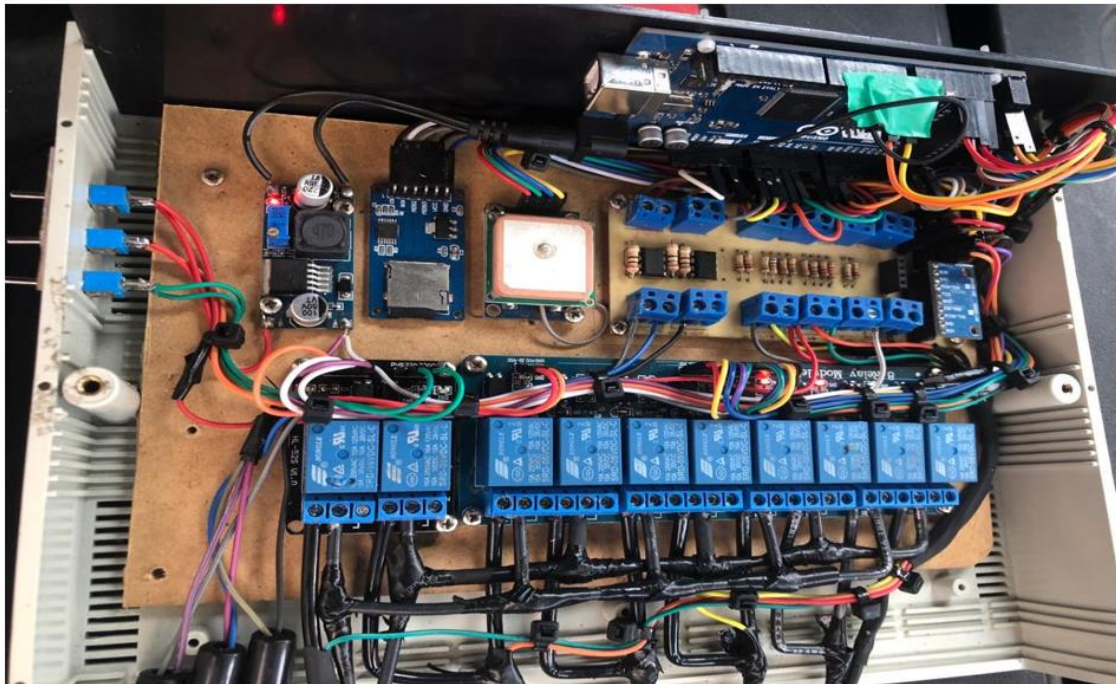


Ilustración 63. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.

Fuente: Autor.



Ilustración 64. Circuito de carga mediante panel fotovoltaico.

Fuente: Autor.

4.4. Recolección y análisis de datos obtenidos durante recorrido de rutas.

Las rutas seleccionadas para realizar los recorridos con el VE son 5, las mismas que pertenecen a las rutas recorridas por los docentes de la facultad de Ingeniería Eléctrica, estas rutas fueron seleccionadas tomando en cuenta la distancia que recorrerá el vehículo desde el domicilio de cada docente, hasta sus respectivas dependencias laborales. Debido a que los domicilios de los docentes se encuentran en distintos puntos de la ciudad de Cuenca, se subdividió el total de rutas en tres categorías, las mismas que son: rutas largas (6,09 Km), rutas medianas (4,11 Km) y rutas cortas (1,43 Km).

Una vez determinado el tipo de ruta que realiza cada docente, se procede a analizar el grado de inclinación que varía de acuerdo al grado de pendiente que tiene cada ruta, debido a que esta característica influye directamente en el tiempo de duración del recorrido del VE y en el consumo de potencia eléctrica necesaria para el desplazamiento del mismo. Luego de analizar las distancias y tipo de pendiente de cada ruta, se determina las de mayor o menor tráfico vehicular, donde se establece para todas las rutas una hora pico entre las 16:30 horas y 17:20 horas. Una vez realizado los recorridos se determina si el VE puede cubrir todas las rutas de ida y vuelta, consumiendo únicamente la potencia generada por el panel solar, la misma que se encuentra almacenada en el banco de baterías.

En los siguientes puntos se analiza los diferentes datos obtenidos, durante el recorrido de las rutas almacenados en una tarjeta micro SD, se representan gráficamente los valores guardados y se realiza los respectivos cálculos para establecer cuantos kilómetros de autonomía obtiene el VE, mediante la energía entregada por el panel fotovoltaico.

4.4.1. Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta corta.

En la *Ilustración 65*, se representa una ruta corta con una distancia de 1,43 Km, desde la facultad de Ingeniería Eléctrica hasta el domicilio del Ing. Pablo Chacho, docente de la Universidad Católica de Cuenca. Tiene como punto de partida el domicilio del docente ubicado en la calle del Pasillo, con un tráfico intermedio limitado por un semáforo existente en el sector; posteriormente, se integra a la Av. Miraflores hasta llegar a la Av. de las Américas para llegar a su destino, la Facultad de Ingeniería Eléctrica ubicada en la Av. De las Américas y General Torres, en este sector hay poco tráfico a la hora que se realiza el recorrido (08:00 am).

Al llegar a su destino el VE permanece en la Facultad de Ingeniería durante 8 horas, dentro de este periodo de tiempo el VE está cargando su banco de baterías con la energía eléctrica generada por el panel solar, hasta que el docente culmine sus labores diarias y regrese a su domicilio.

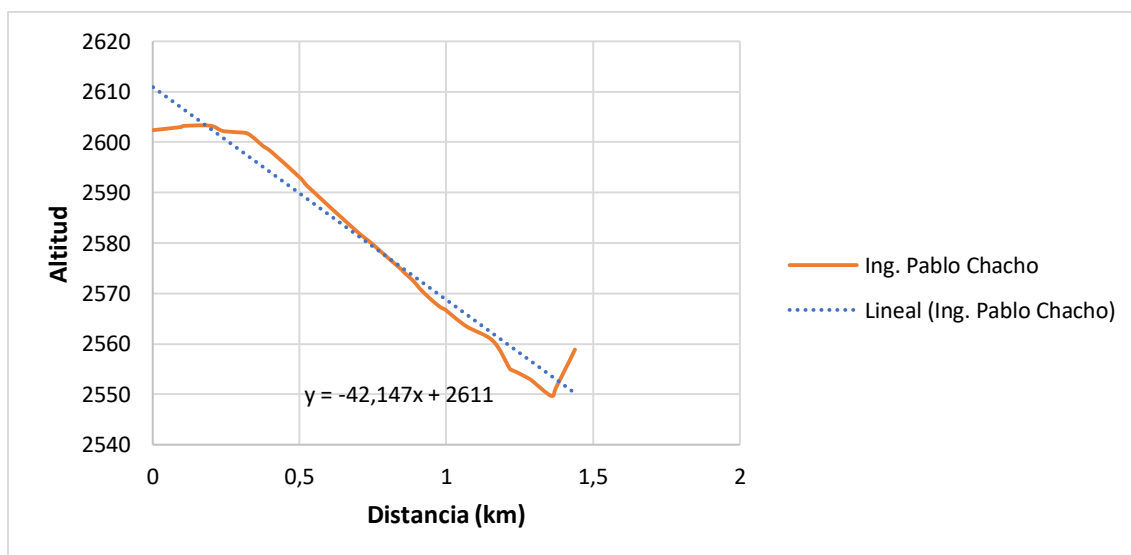


Ilustración 65. Ruta seleccionada en distancia corta de la carrera de Ing. Eléctrica.

Fuente: Autor.

En la *Tabla 5*, se analiza las condiciones climáticas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en los primeros días del mes de mayo de 2022; el día 2 de mayo, se

presentaron precipitaciones fuertes (días lluviosos); el 3 de mayo, alta nubosidad; el miércoles 4 de mayo, variaciones entre día soleado y precipitaciones moderadas; el 5 de mayo, el cielo totalmente despejado (día soleado). Se realiza el análisis de estas condiciones debido a que estas limitan la eficiencia de generación del panel solar, puesto que el VE esta estacionado en la facultad de Ingeniería Eléctrica, recargando el banco de baterías únicamente con el panel solar por un periodo de 8 horas.

Durante el tiempo que conlleva trasladarse desde el domicilio hacia la Facultad de Ingeniería Eléctrica, el tiempo que permanece estacionado el VE durante la jornada laboral y su posterior traslado hacia su domicilio, el circuito electrónico incorporado en el vehículo mide y almacena en una micro SD datos concernientes a la potencia generada por el panel solar, donde se obtiene una energía máxima de 647,264 W/d durante un día soleado y una energía mínima de 202,304 W/d durante un día lluvioso. Además, mide y almacena datos de potencia eléctrica requerida para el desplazamiento del VE desde y hacia el domicilio del docente, donde se tiene como resultado un consumo máximo de 86,318 W/d y un consumo mínimo de 76,58 W/d, la energía requerida para movilizar el VE desde y hacia el domicilio del docente varía de acuerdo a las condiciones climáticas analizadas y al tráfico existente.

Tabla 5. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta corta.

Ing. Pablo Chacho	Clima					
	Día Soleado	Día con Sol y lluvia	Día Nublado	Día Lluvioso	Energía producida (W/d)	Energía consumida (W/d)
1				x	202,304	83,352
2			x		314,462	81,813
3		x			385,851	86,318
4	x				647,264	76,58

Fuente: Autor.

De acuerdo a los valores expuestos en la *Tabla 5*, se realiza el cálculo de los promedios de energía generada y consumida, los cuales se indican en la *Tabla 6*, donde se obtiene 387,47 (W/d) de promedio en energía generada por el panel solar, 82,015 (W/d) de promedio en energía consumida por el VE al recorrer 2,84 Km. Con estos resultados se obtiene 28,67 (W) de promedio en energía consumida al recorrer 1 Km de la ruta corta establecida en la *Ilustración 65*. Finalmente, se procede a calcular cuántos Km de autonomía tendría el VE con el total de energía generada por el panel solar,

dividimos la energía generada para la energía consumida por km, donde se tiene como resultado una autonomía de 13,511 Km.

Tabla 6. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.

Promedio Energía generada (W/d)	Promedio Energía consumida en 2,84 Km (W/d)	Promedio Energía consumida por Km (W)	Distancia de autonomía (Km)
387,47	82,015	28,67	13,511

Fuente: Autor.

Con los resultados indicados en la *Tabla 6* de los promedios de energía generada por el panel solar y energía consumida por el VE para una ruta corta, se determina que la energía generada por el panel solar cubre toda la demanda del VE, para realizar todo el recorrido desde y hacia el domicilio del Ing. Pablo Chacho y la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

4.4.2. Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta intermedia.

En la *Ilustración 66*, se representan 3 rutas intermedias; las mismas que están establecidas dentro del rango de 2,34 a 3,26 Km. La primera ruta de 3,26 Km corresponde al recorrido realizado por el Ing. Gerardo Campoverde, la segunda ruta de 2,7 Km corresponde al recorrido realizado por el Ing. Juan Carlos Cobos y, por último, la ruta de 2,34 Km perteneciente al recorrido que realiza el Ing. Diego Morales. Todas estas rutas representan el trayecto que realiza cada uno de los docentes, desde la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca hacia sus respectivos domicilios.

Al llegar a su destino el VE permanece en la Facultad de Ingeniería durante 8 horas, dentro de este periodo de tiempo el VE está cargando su banco de baterías con la energía eléctrica generada por el panel solar, hasta que el docente culmine sus labores diarias y proceda a regresar a su domicilio.

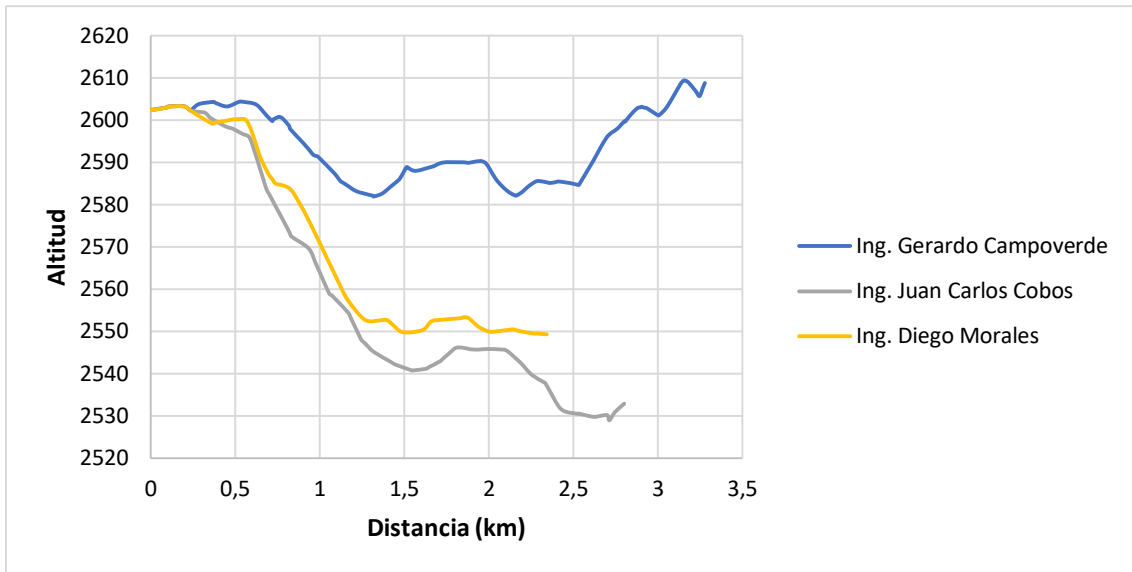


Ilustración 66. Ruta agrupada en distancia media de la carrera de Ing. Eléctrica.

Fuente: Autor.

En la *Tabla 7*, se analiza las condiciones climáticas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la segunda semana del mes de mayo de 2022, tiempo en que el VE realizó la ruta recorrida por el Ing. Juan Carlos Cobos. Se: el día 6 de mayo, alta nubosidad; los días 9 y 10 de mayo, variaciones climatológicas entre día soleado y precipitaciones moderadas y los días 11 y 12 de mayo, el cielo totalmente despejado (día soleado). Se realiza el análisis de estas condiciones debido a que estas limitan la eficiencia de generación del panel solar.

Durante el tiempo que conlleva trasladarse desde el domicilio hacia la Facultad de Ingeniería Eléctrica, el tiempo que permanece estacionado el VE durante la jornada laboral y su posterior traslado hacia su domicilio, el circuito electrónico incorporado en el VE mide y almacena en una micro SD datos concernientes a la energía generada por el panel solar, donde se obtiene una energía máxima de 682,734 W/d, durante un día soleado y una energía mínima de 302,304 W/d durante un día nublado. Además, la energía eléctrica requerida para el desplazamiento del VE, desde y hacia el domicilio del docente tiene un consumo máximo de 196,318 W/d y un consumo mínimo de 123,813 W/d. La energía requerida para movilizar el VE desde y hacia el domicilio del docente varía de acuerdo a las condiciones climáticas analizadas y al tráfico existente.

Tabla 7. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta intermedia.

Ing. Juan Carlos Cobos	Clima					
	Día Soleado	Día con Sol y lluvia	Día Nublado	Día Lluvioso	Energía producida (W/d)	Energía consumida (W/d)
6			x		302,304	154,352
9		x			494,462	123,813
10		x			495,851	196,318
11	x				547,264	159,58
12	x				682,734	130,65

Fuente: Autor.

De acuerdo a los valores expuestos en la *Tabla 7*, se realiza el cálculo de los promedios de la energía generada y consumida, los cuales se indican en la *Tabla 8*. Se obtiene 504,523 (W/d) de promedio en energía generada por el panel solar, 152,942 (W/d) de promedio en energía consumida por el VE al recorrer 5,4 Km. Con estos resultados, se obtiene 23,457 (W) de promedio en potencia requerida para recorrer 1Km de la ruta media establecida. (*Ilustración 66*). Finalmente, se procede a calcular cuántos Km de autonomía tendría el VE con el total de energía generada por el panel solar, para lo cual, dividimos la energía generada para la energía consumida por km, donde se obtiene como resultado una autonomía de 21, 508 Km.

Tabla 8. Promedios de potencia de generación, potencia consumida en ruta intermedia, potencia consumida por Km y distancia de autonomía.

Promedio Energía generada (W/d)	Promedio Energía consumida en 5,4 Km (W/d)	Promedio de energía consumida por Km (W)	Distancia de autonomía (Km)
504,523	152,942	23,457	21,508

Fuente: Autor.

Con los resultados indicados en la *Tabla 8*, de los promedios de energía generada por el panel solar y energía consumida por el VE para una ruta intermedia, se determina que la energía generada por el panel solar cubre toda la demanda del VE, para realizar todo el recorrido desde y hacia el domicilio del Ing. Juan Carlos Cobos y la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

En la *Tabla 9*, se analiza las condiciones climáticas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la tercera semana del mes de mayo de 2022, tiempo en que el VE realizó

la ruta recorrida por el Ing. Gerardo Campoverde: el día 13 de mayo, el cielo totalmente despejado (día soleado); el 16 de mayo, precipitaciones fuertes (día lluvioso); el 17 de mayo, variaciones climatológicas entre día soleado y precipitaciones moderadas; el 18 de mayo, alta nubosidad y el 19 de mayo, el cielo totalmente despejado (día soleado).

En esta ruta y tiempo de carga el circuito electrónico incorporado en el VE mide y almacena la energía generada por el panel solar, donde se obtiene una energía máxima de 672,734 W/d durante un día soleado y una energía mínima de 194,462 W/d durante un día lluvioso. Además, la energía eléctrica requerida para el desplazamiento del VE desde y hacia el domicilio del docente, tiene un consumo máximo de 203,318 W/d y un consumo mínimo de 151,813 W/d, la energía requerida para movilizar el VE desde y hacia el domicilio del docente, varía de acuerdo a las condiciones climáticas analizadas y al tráfico existente.

Tabla 9. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta Intermedia.

Ing. Gerardo Campoverde	Clima					
	Día Soleado	Día con Sol y lluvia	Día Nublado	Día Lluvioso	Energía producida(W/d)	Energía consumida (W/d)
13	x				652,304	182,352
16				x	194,462	151,813
17		x			435,851	203,318
18			x		397,264	190,58
19	x				672,734	185,65

Fuente: Autor.

De acuerdo a los valores expuestos en la *Tabla 9*, se realiza el cálculo de los promedios de la energía generada y consumida, los cuales se indican en la *Tabla 10*. Se obtiene 470,523 (W/d) de promedio en energía generada por el panel solar, 182,742 (W/d) de promedio en energía consumida por el VE al recorrer 6,52 Km. Con estos resultados se obtiene 28,028 (W) de promedio en energía consumida al recorrer 1 Km de la ruta media establecida en la *Ilustración 66*. Finalmente, la autonomía del VE es de 16,787 Km.

Tabla 10. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.

Promedio de energía generada (W/d)	Promedio de energía consumida en 6,52 Km (W/d)	Promedio de energía consumida por Km (W)	Distancia de autonomía (Km)
470,523	182,742	28,028	16,787

Fuente: Autor.

Con los resultados indicados en la *Tabla 10* de los promedios de energía generada por el panel solar y energía consumida por el VE para una ruta intermedia, se determina que la energía generada por el panel solar cubre toda la demanda del VE, para realizar todo el recorrido desde y hacia el domicilio del Ing. Gerardo Campoverde y la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

4.4.3. Análisis de los datos obtenidos durante la trayectoria de la ruta larga.

En la *Ilustración 67*, se representan 3 rutas largas, de las cuales la primera ruta de 6,2 Km corresponde al recorrido realizado por el Ing. Carlos Flores, la segunda ruta de 4,9 Km corresponde al recorrido realizado por el Ing. Xavier Gutiérrez y por último se indica la ruta de 6,2 Km perteneciente al recorrido que realiza el Ing. Javier Cabrera; todas estas rutas representan el trayecto que realiza cada uno de los docentes desde y hacia la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca y sus respectivos domicilios.

Al llegar a su destino el VE permanece en la Facultad de Ingeniería durante 8 horas, dentro de este periodo de tiempo el VE está cargando su banco de baterías con la energía eléctrica generada por el panel solar, hasta que el docente culmine sus labores diarias y proceda a regresar a su domicilio.

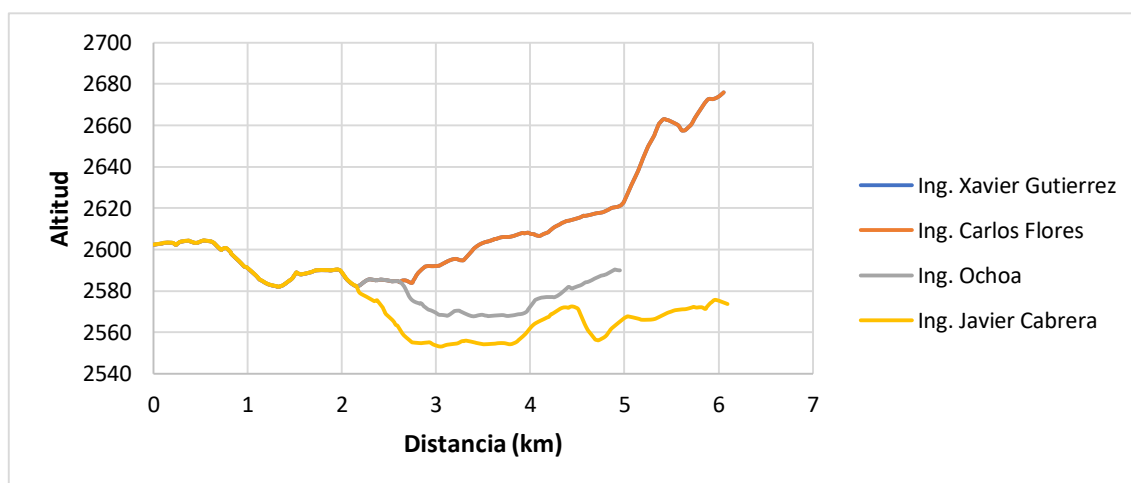


Ilustración 67. Ruta agrupada en distancia larga de la carrera de Ing. Eléctrica.

Fuente: Autor.

En la *Tabla 11*, se analiza las condiciones climáticas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en los días 20, 23 y 24 del mes de mayo de 2022 para cubrir la ruta recorrida por el Ing. Xavier Gutiérrez: el día 20 de mayo, el cielo totalmente despejado (día

soleado); el 23 de mayo, alta nubosidad y el 24 de mayo, precipitaciones fuertes (día lluvioso).

Durante el tiempo que conlleva trasladarse desde el domicilio hacia la facultad de Ingeniería Eléctrica, recargar el VE durante la jornada laboral del docente Ing. Xavier Gutiérrez y su posterior traslado hacia su domicilio, el circuito electrónico incorporado en el vehículo mide y almacena en una micro SD datos concernientes a la energía generada por el panel solar, donde se obtiene una energía máxima de 767,12 W/d durante un día soleado y una energía mínima de 242,302 W/d durante un día lluvioso. Además, mide y almacena datos de energía eléctrica requerida para el desplazamiento del VE desde y hacia el domicilio del docente, donde se tiene como resultado un consumo máximo de 251,858 W/d y un consumo mínimo de 191,458 W/d. La energía requerida para movilizar el VE desde y hacia el domicilio del docente varía de acuerdo a las condiciones climáticas analizadas y al tráfico existente.

Tabla 11. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta larga.

Ing. Gutiérrez	Clima					
	Día Soleado	Día con Sol y lluvia	Día Nublado	Día Lluvioso	Energía producida (W/d)	Energía consumida (W/d)
20	X				767,12	224,204
23			x		408,767	191,485
24				x	242,302	251,858

Fuente: Autor.

De acuerdo a los valores expuestos en la *Tabla 11*, se realiza el cálculo de los promedios de la energía generada y consumida los cuales se indican en la *Tabla 12*, donde se obtiene 472,729 (W/d) de promedio en energía generada por el panel solar, 222,515 (W/d) de promedio en energía consumida por el VE al recorrer 12,4 Km. Con estos resultados se obtiene 18,268 (W) de promedio en energía consumida al recorrer 1 Km de la ruta larga establecida en la *Ilustración 67*. Finalmente se procede a calcular cuántos Km de autonomía tendría el VE con el total de energía generada por el panel solar, para lo cual dividimos la energía generada para la energía consumida por km. donde se tiene como resultado una autonomía de 25,876 Km.

Tabla 12. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta larga, energía consumida por Km y distancia de autonomía.

Promedio de energía generada (W/d)	Promedio de energía consumida en 12,4 Km (W/d)	Promedio de energía consumida por Km (W)	Distancia de autonomía (Km)
472,729	222,515	18,268	25,876

Fuente: Autor.

Con los resultados indicados en la *Tabla 12* de los promedios de energía generada por el panel solar y energía consumida por el VE para una ruta larga, se determina que la energía generada por el panel solar cubre toda la demanda del VE para realizar todo el recorrido desde y hacia el domicilio del Ing. Xavier Gutiérrez y la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

En la *Tabla 13*, se analiza las condiciones climáticas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en los últimos días del mes de mayo de 2022 para cubrir la ruta recorrida por el Ing. Javier Cabrera: el día 25 de mayo, nubosidad; el 26 de mayo, variaciones climatológicas entre día soleado y precipitaciones moderadas; los días 27 y 30 de mayo, el cielo totalmente despejado (día soleado) y el 31 de mayo, variaciones climatológicas entre día soleado y precipitaciones moderadas.

Durante el tiempo que conlleva trasladarse desde el domicilio hacia la facultad de Ingeniería Eléctrica, recargar el VE durante la jornada laboral del docente Ing. Javier Cabrera y su posterior traslado hacia su domicilio, el circuito electrónico incorporado en el vehículo mide y almacena en una micro SD datos concernientes a la potencia generada por el panel solar, donde se obtiene una energía máxima de 675,851 W/d durante un día soleado y una energía mínima de 278,304 W/d durante un día nublado. Además, mide y almacena datos de energía eléctrica requerida para el desplazamiento del VE desde y hacia el domicilio del docente, donde se tiene como resultado un consumo máximo de 241,58 W/d y un consumo mínimo de 202,813 W/d. La energía requerida para movilizar el VE desde y hacia el domicilio del docente varía de acuerdo a las condiciones climáticas analizadas y al tráfico existente.

Tabla 13. Cuadro de carga y descarga de las baterías del VE en una ruta larga.

Ing. Javier Cabrera	Clima					
	Día Soleado	Día con Sol y lluvia	Día Nublado	Día Lluvioso	Energía producida (W/d)	Energía consumida (W/d)
25			x		278,304	238,352
26		x			505,462	202,813
27	x				675,851	237,318
30	x				597,264	241,58
31		x			488,734	239,65

Fuente: Autor.

De acuerdo a los valores expuestos en la *Tabla 13*, se realiza el cálculo de los promedios de la potencia generada y consumida los cuales se indican en la *Tabla 14*, donde se obtiene 509,123 (W/d) de promedio en energía generada por el panel solar, 231,942 (W/d) de promedio en energía consumida por el VE al recorrer 12,4 Km, con estos resultados se obtiene 35,574 (W) de promedio en energía consumida al recorrer 1 Km de la ruta media establecida en la *Ilustración 67*. Finalmente se procede a calcular cuántos Km de autonomía tendría el VE con el total de energía generada por el panel solar, para lo cual dividimos la energía generada para la energía consumida por km donde se tiene como resultado una autonomía de 14,31 Km.

Tabla 14. Promedios de energía de generación, energía consumida en ruta corta, energía consumida por Km y distancia de autonomía.

Promedio de energía generada (W/d)	Promedio de energía consumida en 12,4 Km (W/d)	Promedio de energía consumida por Km (W)	Distancia de autonomía (Km)
509,123	231,942	35,574	14,31

Fuente: Autor.

4.5. Valores de los datos de los días analizados

En la *Ilustración 68*, se presenta los valores de manera resumida durante los 22 días laborables del mes de mayo donde se ha recaudado los datos de carga durante el día desde las (8am hasta las 4pm), horario de la jornada laborable de los docentes de la UCACUE.

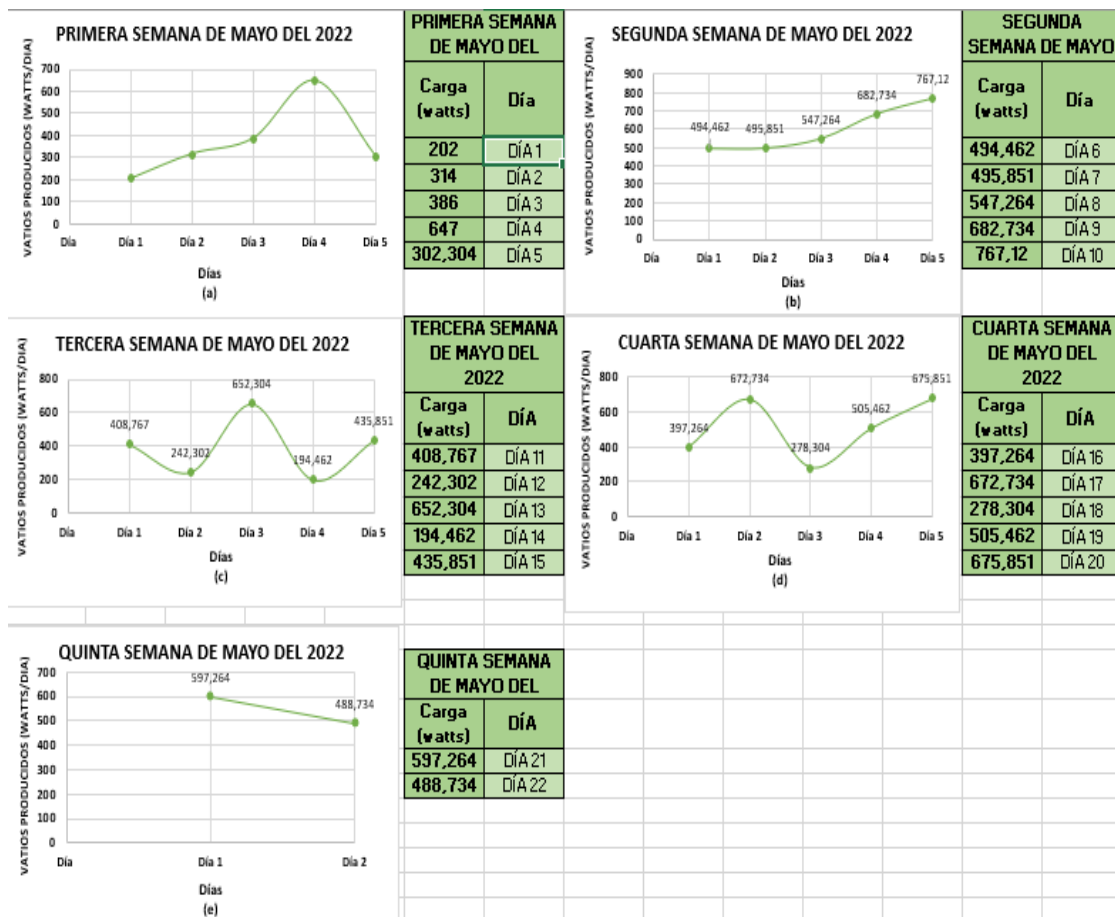


Ilustración 68. Valores de producción (W/d) durante el mes de mayo del 2022, a) Primera semana, b) Segunda semana, c) Tercera semana, d) Cuarta semana, e) Quinta semana.

Fuente: Autor.

4.5.1. Días con menor carga aportada al VE.

En la *Ilustración 69*, se observa que en los días 1, 2, 5, 11, 13, 16, 17, y 18 del mes de mayo del 2022, son los días que menos carga ha aportado a las baterías debido a que el tiempo climático se encontraba con lluvia, y nubosidad. Esto afecta directamente a la captación de la radiación solar, generando los paneles solares menor energía; lo cual, afecta directamente al tiempo de carga del banco de baterías. Claro, esto debido a que mientras exista menor radiación solar mayor será el tiempo de carga del banco de baterías.



Ilustración 69. Representación gráfica de producción (W/d) en los días menor carga aportada.

Fuente: Autor.

En la *Tabla 15*, se detalla la energía generada en los días con menor carga durante los diferentes recorridos realizados.

Tabla 15. Valores de producción (W) en los días con menor carga aportada.

Días con menor carga	Carga (watts)	Día	Estado del tiempo climático en Cuenca Ecuador
	202,304	DÍA 1	Día lluvioso
	314,462	DÍA 2	Día nublado
	302,304	DÍA 5	Día nublado
	194,462	DÍA 11	Día lluvioso
	397,264	DÍA 13	Día nublado
	408,767	DÍA 16	Día nublado
	242,302	DÍA 17	Día lluvioso
	278,304	DÍA 18	Día nublado
	292,521125	Promedio	

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 70*, se observa que en los días 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 19, 20, 21 y 22 del mes de mayo del 2022, son los días que mayor carga han aportado a las baterías, con un pico máximo de generación de energía igual a 767,12 W en el día 15 de mayo y un pico mínimo de generación de energía igual a 385,851 W en el día 3 de mayo, esto se da debido a que el tiempo climático se encontraba con días soleados con mínimas y/o nulas precipitaciones. Beneficiando directamente a la captación de la radiación solar, generando los paneles solares mayor energía, lo cual reduce el tiempo de carga del banco de baterías.



Ilustración 70. Representación gráfica de producción (W) en los días mayor carga aportada.

Fuente: Autor.

En la *Tabla 16*, se detalla la energía generada en los días con mayor carga durante los diferentes recorridos realizados, donde se puede observar que el día 15 de mayo de 2022 se tiene una energía máxima generada igual a 767,12 W, esto se da debido a que el 15 de mayo se tenía un día soleado con nulas precipitaciones

Tabla 16. Valores de producción (W) en los días mayor carga aportada.

Días con mayor carga	Carga (watts)	Día	Estado del tiempo climático en Cuenca Ecuador
	385,851	DÍA 3	Día soleado con tarde de lluvia
	647,264	DÍA 4	Día soleado
	494,462	DÍA 6	Día soleado con tarde de lluvia
	495,851	DÍA 7	Día soleado con tarde de lluvia
	547,264	DÍA 8	Día soleado
	682,734	DÍA 9	Día soleado
	652,304	DÍA 10	Día soleado
	435,851	DÍA 12	Día soleado con tarde de lluvia
	672,734	DÍA 14	Día soleado
	767,12	DÍA 15	Día soleado
	505,462	DÍA 19	Día soleado con tarde de lluvia
	675,851	DÍA 20	Día soleado
	597,264	DÍA 21	Día soleado
	488,734	DÍA 22	Día soleado con tarde de lluvia
	574,910429	Promedio	

Fuente: Autor.

En la *Tabla 17*, se obtiene los datos de producción de carga para las baterías del VE durante los días laborables del mes de mayo del 2022, también en la *Ilustración 71*, se ha podido representar de una manera gráfica con los valores de las cargas obtenidas durante todo el mes de mayo.

Tabla 17. Datos de producción (W) durante el mes de mayo del 2022.

Semana 1 de mayo del 2022			Semana 2 de mayo del 2022		
	Semana 1 Carga (watts)	Día		Semana 2 Carga (watts)	Día
Lunes	202,304	DÍA 1	Lunes	494,462	DÍA 6
Martes	314,462	DÍA 2	Martes	495,851	DÍA 7
Miércoles	385,851	DÍA 3	Miércoles	547,264	DÍA 8
Jueves	647,264	DÍA 4	Jueves	682,734	DÍA 9
Viernes	302,304	DÍA 5	Viernes	767,12	DÍA 10
Semana 3 de mayo del 2022			Semana 4 de mayo del 2022		
	Semana 3 Carga (watts)	Día		Semana 4 Carga (watts)	Día
Lunes	408,767	DÍA 11	Lunes	397,264	DÍA 16
Martes	242,302	DÍA 12	Martes	672,734	DÍA 17
Miércoles	652,304	DÍA 13	Miércoles	278,304	DÍA 18
Jueves	194,462	DÍA 14	Jueves	505,462	DÍA 19
Viernes	435,851	DÍA 15	Viernes	675,851	DÍA 20
Semana 5 de mayo del 2022					
	Semana 5 Carga (watts)	Día			
Lunes	597,264	DÍA 21			
Martes	488,734	DIA 22			

Fuente: Autor.

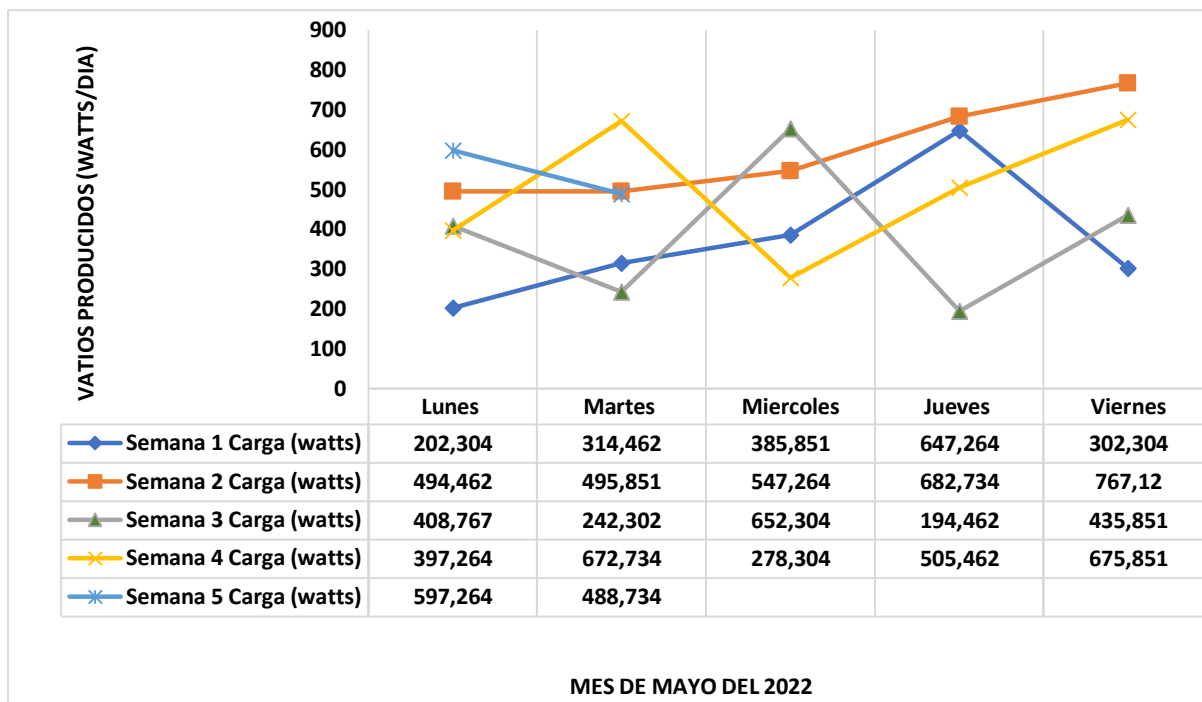


Ilustración 71. Datos de producción (W) mediante una gráfica durante el mes de mayo del 2022.

Fuente: Autor.

4.6. Promedio anual de [kWh/m2/día]

En base a los datos obtenidos en la *Tabla 1*, que se encuentra en el Capítulo 2, se puede observar como la irradiancia promedio varía por cada mes, debido a que existen dos estaciones en el Ecuador que es húmeda y seca, las estaciones varían en el país según las regiones, en la sierra el mes húmedo empieza desde octubre hasta mayo y la estación seca empieza desde junio hasta septiembre.

De acuerdo a los datos indicados en la *Tabla 1*, obtenidos por las distintas instituciones de monitoreo de irradiación solar, en la *Tabla 18* se obtiene el promedio mensual de irradiación solar (kWh/m2/día) en la ciudad de Cuenca, con un promedio máximo de 4,52 kWh/m2/día, en el mes de diciembre y un promedio mínimo de 3,69 kWh/m2/día, en el mes de junio.

Para la presente investigación se realizó la recopilación de información en el mes de mayo, que tiene un promedio de 3,92 kWh/m2/día, siendo el mes con uno de los promedios más bajos en el año. Se realizó el análisis en este mes para determinar si con un mínimo promedio de irradiación solar, el VE adquiere suficiente autonomía alimentando su banco de baterías únicamente con la generación de energía proveniente del panel solar, para de esta manera completar los recorridos asignados por cada

docente. Al finalizar los recorridos de todas las rutas en el mes de mayo se obtuvo un promedio de 380,34W de energía generada por día mediante el panel fotovoltaico.

Tabla 18. Promedio anual de [kWh/m2/día]

MES	PROMEDIO [kWh/m2/día]	VALOR POR UNIDAD	CUANTO SE PRODUCIRÍA POR MES (watts)
Enero	4,2	0,92	413,14
Febrero	4,12	0,91	399,38
Mazo	4,3	0,95	416,83
Abril	4,11	0,90	398,41
Mayo	3,92	0,86	380,34
Junio	6,69	0,81	357,70
Julio	3,77	0,83	365,45
Agosto	4,03	0,89	390,66
Septiembre	4,21	0,93	408,11
Octubre	4,28	0,94	414,89
Noviembre	4,51	0,99	437,19
Diciembre	4,52	1	438,16
Media anual irradiación global	4,14	0,92	406,26
Mayor anual	4,52	1	438,16
Menor anual	3,69	0,816	357,70

Fuente: Autor.

En la Tabla 19, se realizó un análisis comparativo de costos entre un vehículo de combustión y un VE para el recorrido de una distancia de 320 Km, donde se indica que un vehículo de combustión consume 3,2 galones de combustible, lo cual genera un gasto de 13,72 dólares, mientras tanto un VE no genera ningún gasto por consumo de combustible.

Tabla 19. Costos de consumo entre un VE y de combustión.

Tipo de vehículo	Kilómetros recorridos (Km)	Combustible consumido (galones)	Costo por galón (\$)
VE	320 km	0 g	0 \$
VC	320 km	3,2 g	13,72 \$

Fuente: Autor.

En la *Ilustración 72*, mediante una fotografía se detalla las emisiones, consumo, mantenimiento e impuestos que sería de cancelar en el caso de un vehículo de

combustión interna. Así mismo, se detalla las emisiones, ahorro e implementaciones de un VE, también se determina las emisiones tóxicas y el cuidado del medio ambiente.

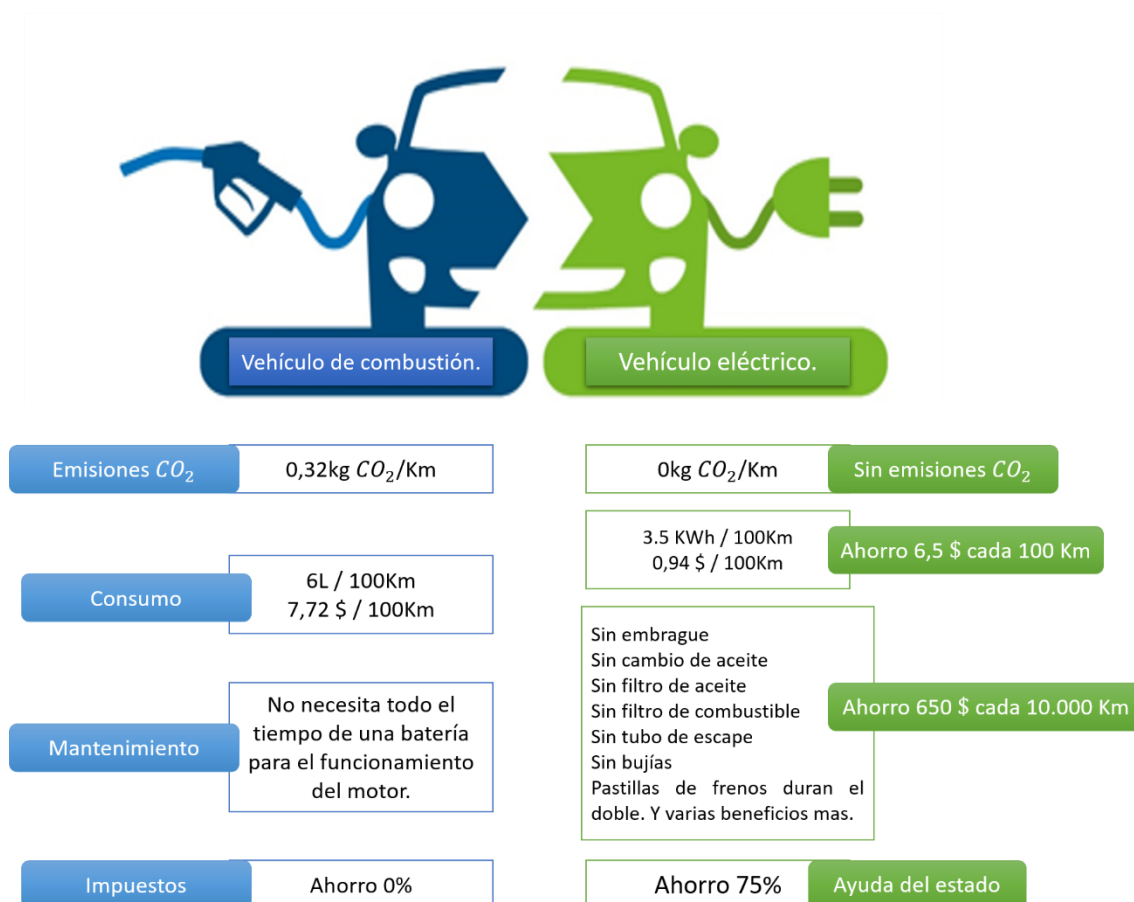


Ilustración 72. Ventajas que tiene el VE, y no el vehículo de combustión.

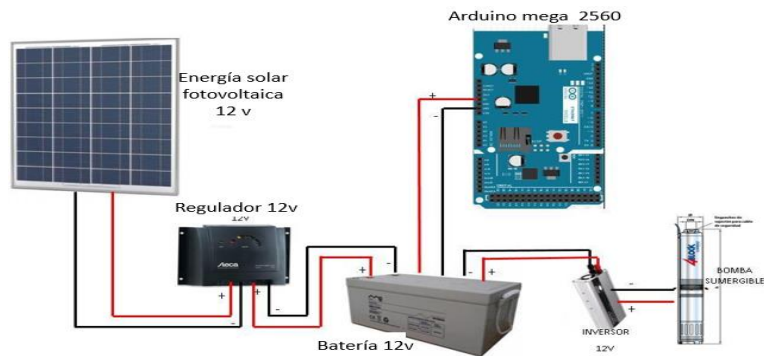
Fuente: Autor.

4.7. Presupuesto para la adquisición de un VE con la implementación de un sistema de carga mediante un panel fotovoltaico

Tabla 20. Costos del VE y sistema de carga media panel fotovoltaico.

Marca de vehículo	Vehículo	Valor del vehículo
DAYANG CHOK C1		<p>Su precio varía entre los 7.000 a 8.500 dólares sus características son:</p> <p>Motor de 1,3kw hasta 16kw, con una autonomía de 100km a 160km.</p> <p>La velocidad del vehículo Dayang Chok C1, alcanza una velocidad de 50 a 60 km/h, si el vehículo se</p>

		encuentra en una autopista puede llegar a 60 km/h y si se encuentra en una vía con pendientes puede llegar hasta 40 o 50 km/h.
	Sistema electrónico para el método de carga con el panel solar	



Unidades	Componentes electrónicos	Valor dólares (\$)
1	Panel solar fotovoltaico	150,00 \$
2	Resistencia shunt	40,00 \$
1	Regulador de voltaje	30,00 \$
1	Arduino mega 2560	27,00 \$
1	Arduino Nano	13,00 \$
1	Módulo relé de 8 canales	15,00 \$
1	Módulo relé de dos canales	4,00 \$
2	Módulo ADS 1115	30,00 \$
2	Módulo Bluetooth Hc-05	20,00 \$
1	Divisor de voltaje	60,00 \$
1	Módulo acelerómetro	10,00 \$
1	Módulo GPS	15,00 \$
1	Módulo SD	5,00 \$
1	Regulador de voltaje de CC a CC	3,00 \$
6	Porta fusible	7,50 \$
6	Fusibles de 40 amperios	1,50 \$
1	Mano de obra	300,00 \$
TOTAL, DÓLARES (\$)		731,00 \$

Fuente: Autor.

4.8. Análisis de costo beneficio entre un VE y un vehículo de combustión.

Para realizar el análisis de costo beneficio entre un VE y un vehículo de combustión, se consideró el consumo de combustible generado por un vehículo marca Kia Rio, el cual es de uso común entre los docentes de la Universidad Católica de Cuenca.

En la *Tabla 21*, se indica a detalle cual sería el costo generado por un vehículo Kia Rio al recorrer 320 kilómetros, que corresponden al recorrido realizado en una ruta larga durante todo el mes de mayo; donde, se obtuvo un costo total por mes igual a 67,91 dólares con un consumo de 35,55 litros de combustible.

Tabla 21. Datos de consumo de combustible.

Precio (\$)	1,91	1 litro de gasolina		
	1 galón	4,54	litros	
Kilómetros recorridos por litro de combustible	9	1	litros	
Km recorridos	16	1,78	3,40	Precio (\$) por recorrido
Km recorrido	320	35,56	67,91	Precio (\$) por mes

Fuente: Autor.

En la *Tabla 22*, se indica que el VE está valorado en 5 mil dólares y de acuerdo al costo mensual de combustible calculado en la *Tabla 21*, se determina que en un año de consumo de combustible se tendría un gasto de 814, 93 dólares por lo tanto para cubrir el costo de adquisición del VE, se lo realizarían en el transcurso de 7 años, solo con los valores de consumo de combustible.

Tabla 22. Cálculo de amortización del VE.

Precio del VE	5000	67,91	Gasto en 1 mes de combustible
	\$	814,93	Gasto en 1 año de combustible
		5704,53	amortización en dólares en 7 años
		\$	

Fuente: Autor.

4.9. Rutas que el VE puede movilizarse con energía neta Zero

En *Tabla 23*, se indica las rutas recorridas por todos los docentes de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, de las cuales se puede observar que el VE tiene la suficiente autonomía para recorrer todas las rutas indicadas, con

excepción de las rutas realizadas por los docentes: Ing. Barbecho, Ing. Remache e Ing. Macancela.

Por lo tanto, se determina que para la Unidad Académica antes mencionada, la Universidad Católica de Cuenca debería adquirir 48 VE, mediante un convenio entre los docentes y la Universidad Católica de Cuenca para que sea una inversión compartida; donde cada docente cubrirá el 50% del valor total del VE y la Universidad Católica de Cuenca cubrirá con el otro 50% del VE.

Tabla 23 Rutas que se puede movilizarse con el VE

Nombre del docente	Distancia (km)	Puede realizar el recorrido	
		SI	NO
ING. CHACHO	1,439701	x	
ING. MORALES	2,342856	x	
ING. COBOS	2,802107	x	
ING. CAMPOVERDE	3,280193	x	
ING. OCHOA	4,950588	x	
ING. FLORES	5,057455	x	
ING. GUTIERREZ	6,057455	x	
ING. CABRERA	6,093082	x	
ARQ. DELGADO	2,014898	x	
ARQ. QUESADA	2,857694	x	
ARQ. ALBARRACIN	2,883615	x	
ARQ. ESPINOSA	3,234947	x	
ARQ. PESANTEZ	3,710002	x	
ARQ. TAMAYO	4,05454	x	
ARQ. AGUIRRE	4,288488	x	
ARQ. QUEZADA ORTEGA	4,509478	x	
ARQ. GAMON	4,810222	x	
ARQ. ANGUMBA	5,253866	x	
ARQ. PEÑA HERRERA	5,306119	x	
ARQ. SIGUENCIA	5,482348	x	
ARQ. TORRES	5,751475	x	
ARQ. CONTRERAS	6,1611	x	
ARQ. QUIZHPE	6,349193	x	
ARQ. AVILA	6,427989	x	
ARQ. PINTADO	7,434436	x	
ARQ. HERAS	7,435262	x	
ARQ. ORDOÑEZ	7,577479	x	
ING. CORDOVA	1,04937	x	
ING. CORONEL	1,489318	x	
ING. PALMA	2,611258	x	

ING. CORDERO	2,904029	x	
ING. CORONEL	3,981311	x	
ING. MENDEZ	5,255967	x	
ING. OCHOA	5,500424	x	
ING. MALDONADO	5,657465	x	
ING. CAMPOS	5,788999	x	
ING. COBOS	5,800524	x	
ING. MALDONADO	5,864912	x	
ING. CHACON	6,348464	x	
ING. DARQUEA	6,843531	x	
ING. CALLE	7,27452	x	
ING. BARBECHO	11,61503		x
ING. ALMACHE	12,41783		x
ING. MACANCELA	14,15045		x
ING. SOLANO	1,367573	x	
ING. MATOVELLE	2,465968	x	
ING. MARTINEZ	3,168192	x	
ING. IGLESIAS	4,205759	x	
ING. CORDERO	4,518166	x	
ING. GONZALEZ	4,814266	x	

Fuente: Autor.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determina la factibilidad de la implementación de sistemas fotovoltaicos en vehículos eléctricos, para el transporte desde los domicilios hasta las dependencias de trabajo del personal docente de la Universidad Católica de Cuenca; lo cual, demuestra que se lograron cumplir los objetivos propuestos en este trabajo de titulación.

Se diseñó e implementó un circuito electrónico capaz de medir la potencia generada por el panel solar durante la permanencia del VE (8 horas) en las dependencias de la Universidad Católica de Cuenca. Además, se midió la potencia consumida por el VE durante el recorrido realizado por los docentes desde y hacia sus domicilios, mediante el circuito instalado; se puede afirmar que en los recorridos realizados por el VE se tiene una demanda total de potencia menor a la potencia total generada por el panel solar. Por lo cual, los docentes no tendrían que cargar los VE y podrían tener una movilidad Neta Zero.

Para determinar la factibilidad del uso de vehículos eléctricos autónomos en el traslado de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca, se trazaron rutas desde sus domicilios hasta sus dependencias laborales en cada una de sus facultades, subdividiendo en rutas largas, medias y cortas, con las siguientes características: rutas con bajo y alto tráfico, tipo de calzada y con distintas pendientes, obteniendo como resultado el recorrido de todas las rutas alimentando el VE únicamente con la energía eléctrica generada por el panel solar, misma que es almacenada en el banco de baterías.

De acuerdo al alto nivel de radiación solar con el que cuenta la ciudad de Cuenca, se considera factible la implementación de un panel solar para recargar el banco de baterías del VE, logrando conseguir una movilidad con autonomía total (Electromovilidad Zero) con mayor eficiencia energética y de esta manera contribuir con la mitigación de la contaminación ambiental al aprovechar una energía renovable para la generación de energía eléctrica.

Para obtener resultados acordes a la realidad de todos los sectores de la ciudad de Cuenca, en el estudio propuesto se determinó una muestra total de 390 docentes de la Universidad Católica de Cuenca, para ello se aplicó una fórmula de muestreo estadístico donde se contempló que la muestra debe ser representativa y con un mínimo margen de error con respecto al total de la población de estudio.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos donde se determina que, si es factible el uso del VE como medio de transporte para los docentes de la Universidad Católica de Cuenca, se recomienda socializar el presente trabajo de titulación con las autoridades de la Universidad con la finalidad de que el proyecto sea implementado como una fuente alternativa de movilidad sin la dependencia de combustible tradicionales.

Para futuras investigaciones se debería realizar la recopilación de datos en toda la ciudad de Cuenca para determinar el porcentaje de autonomía que tendría el VE para la movilidad de toda la población desde sus domicilios hacia sus lugares de trabajo y viceversa, con lo cual se incentivaría una movilidad eléctrica Neta Zero.

En base a la generación de datos, se podría analizar por meses o por años, ya que el factor climático varía en el país; de esta manera, se podría realizar pruebas de estudios en diferentes regiones. Se lograría extrapolar así el uso de VE con paneles solares a otras regiones del país.

Se recomienda a la hora de tomar los datos, que los medidores de corriente tengan una precisión mayor y que se pueda enviar los datos a la nube. Además, es importante realizar un sistema de filtrado de ruido eléctrico en el VE eléctrico, de tal manera que al realizar las pruebas no se evidencien interferencias por vibraciones o por los propios sistemas del VE.

Por último, para concluir se recomienda que las instalaciones del sistema de carga mediante el panel fotovoltaico, se realicen con los componentes más robustos y de mejor tecnología, como los que existen hoy en día en el mercado. Con esto, se puede generar mayor energía con una disminución de pérdidas. Además, se debe considerar que los materiales deben tener un grado de protección alto, tanto para polvo como humedad; ya que el VE eléctrico está expuesto a rutas con polvo y humedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdulaziz, A. A., Abdulaziz, A. M., Abdulhadi, A. Q., Ali, R. N., & Amar, A.-B. (2017). *Prince Mohammad Bin Fahd University*. Obtenido de <https://www.pmu.edu.sa/attachments/academics/pdf/udp/coe/dept/me/electric-car-solar-cells.pdf>
- Aldaz Loachamin, E. L., & Chancusi Toscano, J. A. (2021). Construcción de un prototipo de vehículo eléctrico monoplaza alimentado por pilas de combustible para facilitar la movilización en las ciudades. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS. ESPE, Sangolquí. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26305>
- Aman Punguil, L. A., & Villacres Vega, A. D. (2019). "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA UTILIZANDO TECNOLOGÍA PUNTO A PUNTO PARA MONITOREAR LOS DATOS DE UN VEHÍCULO SOLAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.". (*Tesis de grado*). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Chimborazo: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10132/1/65T00297.pdf>
- Araki, K., Kojima, N., Lee, K.-H., Masuda, T., Nakado, T., Okumura, K., . . . Zushi, Y. (2020). El papel de los vehículos con energía fotovoltaica en la sociedad con bajas emisiones de carbono y algunos enfoques de los módulos de células solares de alta eficiencia para automóviles. *Ingeniería de Energía y Potencia*, 12(6), 375-395. doi:10.4236/epe.2020.126023
- (2019). Archivo digital UPM.
- Babalola, P., & Atiba, O. (2021). Solar powered cars - a review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-11. doi:10.1088/1757-899X/1107/1/012058
- Bazante, W. A. (11 de Diciembre de 2020). Proceso de Implementación de la Electromovilidad para una Flota Pequeña de Vehículos M1 en Guayaquil. (*Tesis de grado*). Universidad Internacional del Ecuador UÍDE, Guayaquil. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec>: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4390/1/T-UIDE-0104.pdf>
- Carbajal Cabrera, V. M., & Acosta Cornelio, A. S. (2021). La electromovilidad y su efecto en el mercado de energía del Perú. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA PERU, CHIMBOTE. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Santa: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3742/52266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cho, E., Holz, M., Kim, S., Park, S., Yi, J., & Yoon, Y. (2021). Future Options for Lightweight Photovoltaic Modules in Electrical Passenger Cars. *Sustainability*, 13(5). doi:<https://doi.org/10.3390/su13052532>
- comercio, E. (06 de Junio de 2019). <https://www.elcomercio.com>. Obtenido de <https://www.elcomercio.com>: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/vehiculo-electrico-carga-electrolineras-ecuador.html>

- comercio, E. (2019). <https://www.elcomercio.com>. Obtenido de <https://www.elcomercio.com:https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/vehiculo-electrico-carga-electrolineras-ecuador.html>
- Consejo Nacional de Energía de El Salvador. (2018). Eficiencia en Motores eléctricos. *El Salvador ahorra energía*. Obtenido de <https://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2019/12/PESAE09Edicion.pdf>
- Consumer Technology Association. (2022). CES. Obtenido de <https://www.ces.tech/>
- Cortés Bolívar, J. D., & Orjuela Tirano, L. F. (2020). Estimación de los parámetros del generador síncrono del módulo TNA a partir de oscilogramas eléctricos. (*Tesis grado*). Universidad de la Salle, Bogotá. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/289
- De la Barba Suárez, L. (2018). *Repositorio Comillas Universidad Pontificia*. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/22733>
- De la Cruz, A. (16 de marzo de 2017). <https://www.evwind.com/>. Obtenido de <https://www.evwind.com/https://www.evwind.com/>: <https://www.evwind.com/sobre-el-vehiculo-electrico/definicion-y-tipos/>
- ECOGREENENERGY. (2018). <http://www.eco-greenenergy.com/>. Obtenido de <http://www.eco-greenenergy.com/:http://www.eco-greenenergy.com/wp-content/uploads/2018/08/EGE-330-350W-72-POLY-PERC-5bb-English.pdf>
- ENERGÉTICO, C. (6 de octubre de 2020). <https://www.cambioenergetico.com/>. Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/:https://www.cambioenergetico.com/blog/ventajas-inconvenientes-baterias-litio-fotovoltaica/>
- Fuentes, V. (2022). *Motor Pasión*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/ces-vegas-2022-deja-muchas-innovaciones-premiadas-coche-electrico-solar-al-dron-vigilante-hidrogeno>
- Gesthispania. (11 de enero de 2018). <https://gesthispania.com>. Obtenido de <https://gesthispania.com:https://gesthispania.com/los-tipos-de-vehiculos-electricos-toda-la-informacion/>
- Guillermo Casado Lopez (Editor), M. B. (1 de octubre de 2021). *Ecuador Perspectives of the Past, Present and Future: A Multi-Criteria Approach to Social Evolution*. Nova Science Pub Inc. Obtenido de <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/:https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/420/498>
- HYUNDAI. (2019). *HYUNDAI*. Obtenido de <https://www.hyundai.news/eu/articles/press-releases/hyundai-launches-first-car-with-solar-roof-charging-system.html>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). *IKI Alliance México*. Obtenido de <https://iki-alliance.mx/electromovilidad-un-camino-a-seguir-para-mejorar-la-calidad-del-aire-oportunidades-y-retos/>
- Jácome Segovia, R. D., & Vargas Cerda, H. N. (2019). Análisis de calidad de energía eléctrica de la empresa florícola agrorab cia Ltda. ubicada en el cantón Pujilí. (*Tesis de grado*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5353>

- Kim, S.-M., Oh, M., & Park, H.-D. (2020). Estimation of photovoltaic potential of solar bus in an urban area: Case study in Gwanak, Seoul, Korea. *Renewable Energy*, 160, 1335-1348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.048>
- LugEnergy. (16 de enero de 2021). <https://www.lugenergy.com>. Obtenido de <https://www.lugenergy.com/que-es-vehiculo-electrico/>
- Mauricio, P. R. (19 de Agosto de 2017). <https://dspace.ups.edu.ec>. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10280/1/UPS-GT001368.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (04 de Diciembre de 2020). <https://www.rekursyenergia.gob.ec>. Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Moreno Constante, A., Beltrán Ruiz, J., & Borja Soto, D. (2020). Automóviles Impulsados Por Energía Solar: Una Revisión. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 2(2), 2-6. Recuperado el 21 de Marzo de 2022, de http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/87
- Muñoz Alvarado, D. G. (2021). Análisis de la calidad de energía eléctrica en fábrica de lubricantes. (*Tesis de grado*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16221>
- Oh, M., Kim, S.-M., & Park, H.-D. (2020). Estimation of photovoltaic potential of solar bus in an urban area: Case study in Gwanak, Seoul, Korea. *Renewable Energy*, 160, 1335-1348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.048>
- Oña Simbaña, F. F., & Peña Morejón, H. F. (2019). Diseño y construcción de un chasis desarmable para un vehículo solar de competencia por medio de optimización topológica. (*Tesis de grado*). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, RIOBAMBA. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13556/1/65T00324.pdf>
- Pareja Aparicio, M. (2016). *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada* (3a Edición ed.). Catalanes - España . Recuperado el 19 de Abril de 2022, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=XkxOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Energ%C3%ADa+solar+fotovoltaica+pareja&ots=tkT3MIZcqw&sig=L5Tzoxk8ISg3qGEvkNiTuUs31yk&redir_esc=y#v=onepage&q=Energ%C3%ADa%20solar%20fotovoltaica%20pareja&f=false
- Pizarro, F. (11 de Agosto de 2020). <https://www.iberdrola.com>. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- Pozo, J. L. (25 de Octubre de 2021). <https://www.bbva.com/>. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-obtiene-y-para-que-se-utiliza/>

- Question Pro. (2022). *Question Pro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>
- Quintela, F., & Redondo Melchor, R. (2022). *Diccionario de Ingeniería Eléctrica Universidad de Salamanca*. Obtenido de Diccionario de Ingeniería Eléctrica Universidad de Salamanca: <https://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Diccionario/Diccionario.php?b=id:90>
- Quiroz, M. A. (19 de enero de 2021). ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD Y SENDERO ENERGÉTICOS DEL ECUADOR DEL PERIODO 2000-2008 Y PROYECCIÓN AL 2020. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, QUITO. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec>: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3238/7/UPS%20-%20KT00011.pdf>
- Race. (01 de Abril de 2019). <https://www.race.es>. Obtenido de <https://www.race.e>: <https://www.race.es/como-funciona-coche-electrico>
- Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería UNAM*. (2022). Recuperado el 2022, de Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/787/8/A8.pdf>
- Restrepo Laverde, J. V., & Tobón Ramírez, D. A. (16 de 1 de 2018). Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos. *Lámpsakos*(19), 22-29. doi:<https://doi.org/10.21501/21454086.2532>
- Soteliot. (11 de julio de 2019). <http://www.lineaverdehuelva.com>. Obtenido de <http://www.lineaverdehuelva.com>: <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/energias-renovables/Ventajas-de-las-energias-renovables.asp>
- Sousa Santos, V., & Gómez Sarduy, V. (2019). Análisis de calidad de la energía y estado de carga en un puesto de seccionamiento y transformación de energía. *IJMSOR*, 4(1). doi:10.17981/ijmsor.04.01.05
- Tapia, L. (19 de abril de 2019). <https://www.luzplantas.com>. Obtenido de <https://www.luzplantas.com>: <https://www.luzplantas.com/que-es-un-generador-sincrono/#:~:text=Un%20generador%20s%C3%ADncrono%20se%20define,energ%C3%ADa%20mec%C3%A1nica%20en%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.&text=El%20rotor%20es%20la%20parte,energ%C3%ADa%20mec%C3%A1nica%20que%20se%20su>
- Toyota. (2022). *Toyota*. Obtenido de <https://www.toyota.es/coches/prius-plugin>
- Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. S.A PARANINFO. Recuperado el 13 de Abril de 2022, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=FMqwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=veh%C3%ADculo+el%C3%A9ctrico&ots=sI4MCLu9-Q&sig=U8wzZ25_OFOTcjlFffq-FJDIKyc&redir_esc=y#v=onepage&q=veh%C3%ADculo%20el%C3%A9ctrico&f=false
- UNIVERSO, E. (27 de Marzo de 2019). <https://www.eluniverso.com>. Obtenido de <https://www.eluniverso.com>: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/03/27/nota/7254002/surtidores-energia-ya-estan-listos-cuenca/>

- Valencia-Duque, A., Álvarez-Meza, A., & Orozco-Gutiérrez, Á. (2019). Identificación automática de perturbaciones en calidad de energía usando aprendizaje de máquina. *Scientia et Technica*, 24(2). doi:10.22517/23447214.20661
- Varela-Chávez, C. (2020). Aplicaciones de energía cinética en electromovilidad autónoma y sostenible. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 167-180. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768213016/>
- VARUS. (30 de Septiembre de 2018). <https://varusecuador.com>. Obtenido de <https://varusecuador.com>: <https://varusecuador.com/electrolineras/>
- Venavidez, M. (19 de Julio de 2018). <https://www.appa.es>. Obtenido de <https://www.appa.es/>: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Victoria, F. (19 de 1 de 2022). *futuro en movimiento*. Obtenido de futuro en movimiento: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/carga-bidireccional-v2g-solucion-para-hacer-utiles-coches-electricos-retos-superar>
- Villareal, R. S. (19 de Julio de 2019). <http://repositorio.puce.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec>: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16267/TESIS%20FINAL%20ROBERT%20MOYANO%20PUCE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vivanco Font, E. (2020). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf
- Zamora, K. (11 de abril de 2016). <https://www.celec.gob.ec>. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec>: <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/contacto/direccion/2-uncategorised/47-que-es-laenergia-eolica#:~:text=Es%20la%20energ%C3%ADa%20cuyo%20origen,sol%20se%20convierte%20en%20viento.>

ANEXOS

ANEXO 1. Código Arduino ecualizador de secuencia de carga del VE

VE_secuencia Arduino 1.8.16

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda



VE_secuencia

```
/*
Modulo GPS Neo 6M      |      Modulo MPU 9250      |      Modulo Bluetooth
RX --> 18              |      SCL --> 21           |      RX --> 18
TX --> 19              |      SDA --> 20           |      TX --> 19

Voltaje                |      Corriente            |      Targeta SD
V12 --> A0            |      I1 --> A7            |      CS --> 4
V24 --> A1            |      I2 --> A8            |      MOSI --> 51
V36 --> A2            |      I3 --> A9            |      SCK --> 52
V48 --> A3            |                          |      MISO --> 50
V60 --> A4

RELES
Modulo de reles de 8 Canales          |      Modulo de reles de 4 canales
IN1 --> 22                            |      IN1 --> 30
IN2 --> 23                            |      IN2 --> 31
IN3 --> 24                            |      IN3 --> 33
IN4 --> 25                            |      IN8 --> 29

*/

/**Librerias**
#include <TinyGPS.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>
```

```

#include <SD.h>
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include "Wire.h"

/***/Variables****

//Variables tiempo
unsigned long tiempo1 = 0;
unsigned long tiempo2 = 0;
unsigned long tiempoSegundos = 0;
unsigned long tiemporele = 0;          //contador (tiempo en rele)

//Variables GPS
float lat, lon;
float latitud, longitud, velocidad;
TinyGPS gps;

int year;
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
byte mes, dia, diaok, hora, horaok, minuto, segundo;
int anio;

// Este pin activa la alimentacion a los rele
const int proteccionrele = 33;

//bloqueo de los demas rele
int lock1;
int lock2;
int lock3;
int lock4;
int lock5;

int block1 = 0;
int block2 = 0;
int block3 = 0;
int block4 = 0;
int block5 = 0;

//Pvsolar
String data;

//indicador de bateria que esta cargando
int charge;

//variables amperimetro
float amperio1;

//Con esta funcion no se puede conectar valores de voltaje mayores a 1.1 V en los pines analogicos
analogReference(INTERNAL1V1);

Serial.begin(115200);
//Orden de impresion de los datos en el monitor serial
//Serial.println("latitud,longitud,velocidad,angulo X,angulo Y,Voltaje1,Voltaje2,Voltaje3,Voltaje4,Voltaje5,Voltajeregulador,Intensidad1,Intensidad2,Intensidad3");

//Comunicacion del gps
Serial1.begin(9600);
// comunicacion bluetooth
Serial2.begin(115200);
// comunicacion MPU9250
Wire.begin();          //Iniciando I2C
sensor.initialize();  //Iniciando el sensor

// ADS115
//ads.setGain(GAIN_SIXTEEN);    // 16x gain +/- 0.256V 1 bit = 0.125mV 0.0078125mV
ads.setGain(GAIN_EIGHT);       // +/- 0.512V 1 bit = 0.015625mV
ads.begin();

tiempo1 = millis();
}

```

```

float Amperimetro() {
    long tiempo = millis();

    float voltajeSensor;
    float corriente = 0;
    float Sumatoria = 0;
    int N = 0;

    float voltajeSensor1;
    float corriente1 = 0;
    float Sumatoria1 = 0;
    int N1 = 0;

    float voltajeSensor2;
    float corriente2 = 0;
    float Sumatoria2 = 0;
    int N2 = 0;

    while (millis() - tiempo < 500) //Duración 0.5 segundos
    {
        voltajeSensor = analogRead(A9) * (1.1 / 1023.0);////voltaje del sensor
        corriente = voltajeSensor * 100.0; //corriente=VoltajeSensor*(100A/1.02V)
        Sumatoria = Sumatoria + sq(corriente); //Sumatoria de Cuadrados
        N = N + 1;

//Funcion para guardar los datos en la tarjeta micro SD
//Serial.println("dia, mes, año, hora, minuto, segundo, latitud, longitud, velocidad, angulo X, angulo Y, Voltaje1, Voltaje2, Voltaje3, Voltaje4, Voltaje5, Intensidad);

float targetaSD() {
    if ((horaok < 19) && (horaok > 5)) { //Definir el tiempo en el cual se van a guardar los datos en la SD
        bool val = SD.begin(pin_lector);
        digitalWrite(targetasd , LOW);
        //Si no se ha podido inicializar la tarjeta, mostrar un error
        if (not val)
            Serial.println("No se ha podido inicializar la tarjeta SD");

        //Si se ha inicializado correctamente, leemos el fichero
        else
        {
            archivo = SD.open("carrito.txt", FILE_WRITE); //Abrimos el fichero

            //Si no se ha podido abrir, mostramos un error
            if (not archivo)
                Serial.println("No se ha podido abrir el fichero");

            //De lo contrario escribimos el texto
            else
            {
                digitalWrite(targetasd , HIGH);

                archivo.print(Vbat3);           //8
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(Vbat4);           //9
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(Vbat5);           //10
                archivo.print(String(", "));

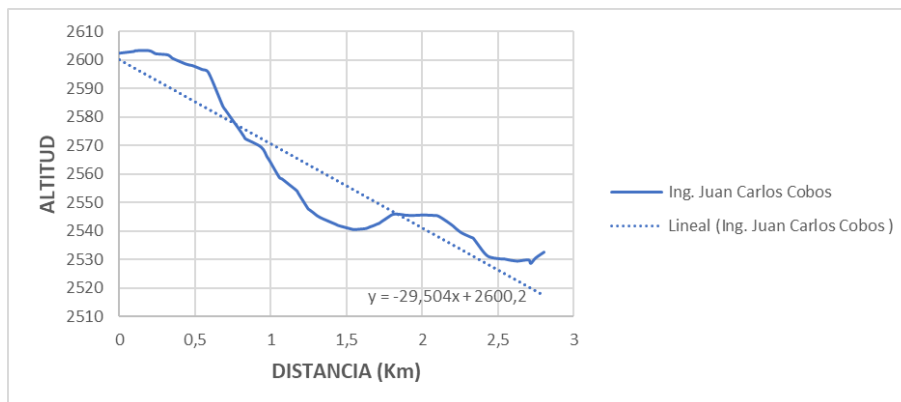
                archivo.print(amperio1);        //12
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(amperio2);        //13
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(amperio3);        //14
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(charge);          //15
                archivo.print(String(", "));

                archivo.print(amps);            //17
                archivo.print(String(", "));
                archivo.print(data);            //16
            }
        }
    }
}
archivo.close(); //Es muy importante cerrar el archivo al final
}

```

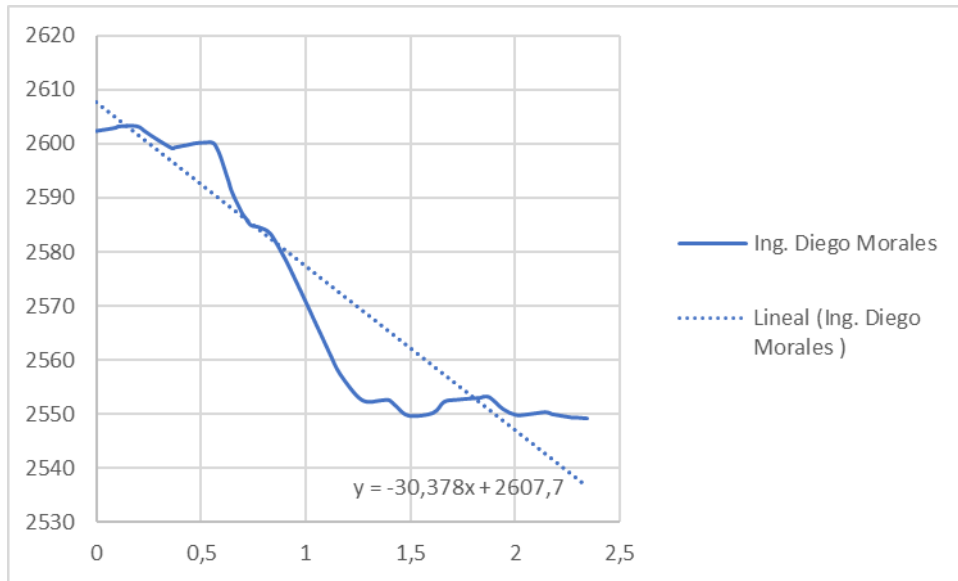
ANEXO 2. Datos en Excel para graficar la ruta correspondiente al Ing. Juan Carlos Cobos

A	B	C	D	E	F	G	H	I
UNIX TIME	TIME	LAT	LONG	ALT	DIST	Ing. Juan Carlos Cobos		
1637820000	25/11/2021 0:00	-2,88496	-79,00544	2602,372	0			
1637820034	25/11/2021 0:00	-2,88481	-79,0046	2602,991	0,0948793			
1637820037	25/11/2021 0:00	-2,8848	-79,00452	2603,214	0,1038443			
1637820069	25/11/2021 0:01	-2,88463	-79,00373	2603,263	0,1936988			
1637820084	25/11/2021 0:01	-2,88454	-79,00338	2602,278	0,233884			
1637820093	25/11/2021 0:01	-2,88449	-79,00317	2602,072	0,257888			
1637820105	25/11/2021 0:01	-2,88445	-79,00287	2601,942	0,2915404			
1637820116	25/11/2021 0:01	-2,88445	-79,0026	2601,722	0,3215615			
1637820125	25/11/2021 0:02	-2,8845	-79,00237	2600,651	0,3477336			
1637820128	25/11/2021 0:02	-2,88457	-79,00237	2600,42	0,3555265			
1637820158	25/11/2021 0:02	-2,88532	-79,00234	2598,542	0,4390901			
1637820171	25/11/2021 0:02	-2,88564	-79,00236	2598,103	0,4747849			
1637820173	25/11/2021 0:02	-2,88569	-79,00237	2598,043	0,4804617			
1637820197	25/11/2021 0:03	-2,88628	-79,00235	2596,652	0,5461836			
1637820211	25/11/2021 0:03	-2,88664	-79,00234	2595,686	0,5862775			
1637820246	25/11/2021 0:04	-2,88751	-79,00231	2583,688	0,6831913			
1637820251	25/11/2021 0:04	-2,88764	-79,00232	2582,608	0,6977069			
1637820265	25/11/2021 0:04	-2,88799	-79,00232	2579,668	0,7366721			
1637820282	25/11/2021 0:04	-2,8884	-79,00236	2576,259	0,7825332			
1637820296	25/11/2021 0:04	-2,88875	-79,00236	2573,248	0,8214985			
1637820300	25/11/2021 0:05	-2,88885	-79,00236	2572,388	0,8326315			
1637820336	25/11/2021 0:05	-2,88892	-79,00145	2569,559	0,934112			
1637820351	25/11/2021 0:05	-2,88928	-79,00151	2566,075	0,974742			
1637820357	25/11/2021 0:05	-2,88945	-79,00154	2564,435	0,99396			
1637820379	25/11/2021 0:06	-2,88999	-79,0016	2558,946	1,054447			
1637820386	25/11/2021 0:06	-2,89016	-79,00163	2558,344	1,073665			
1637820421	25/11/2021 0:07	-2,89101	-79,00176	2554,304	1,169392			
1637820423	25/11/2021 0:07	-2,89107	-79,00176	2553,728	1,176072			
1637820427	25/11/2021 0:07	-2,89117	-79,00176	2552,768	1,187205			



ANEXO 3. Datos para graficar la ruta correspondiente al Ing. Diego Morales

A	B	C	D	E	F	G	H
UNIX TIME	TIME	LAT	LONG	ALT	DIST	Ing. Diego Morales	
1637820000	25/11/2021 0:00	-2,88496	-79,00544	2602,372	0		
1637820034	25/11/2021 0:00	-2,88481	-79,0046	2602,991	0,0948793		
1637820037	25/11/2021 0:00	-2,8848	-79,00452	2603,214	0,1038443		
1637820069	25/11/2021 0:01	-2,88463	-79,00373	2603,263	0,1936988		
1637820084	25/11/2021 0:01	-2,88454	-79,00338	2602,278	0,233884		
1637820100	25/11/2021 0:01	-2,88493	-79,00332	2601,139	0,277812		
1637820130	25/11/2021 0:02	-2,88568	-79,00319	2599,164	0,3625509		
1637820134	25/11/2021 0:02	-2,88567	-79,00329	2599,33	0,3737252		
1637820141	25/11/2021 0:02	-2,88566	-79,00347	2599,484	0,3937699		
1637820149	25/11/2021 0:02	-2,88564	-79,00365	2599,64	0,4139071		
1637820156	25/11/2021 0:02	-2,88563	-79,00383	2599,779	0,4339518		
1637820171	25/11/2021 0:02	-2,8856	-79,00419	2600,124	0,4741186		
1637820177	25/11/2021 0:02	-2,88559	-79,00436	2600,197	0,4930534		
1637820178	25/11/2021 0:02	-2,88559	-79,00437	2600,198	0,4941659		
1637820195	25/11/2021 0:03	-2,88556	-79,00481	2600,324	0,5432027		
1637820196	25/11/2021 0:03	-2,88556	-79,00482	2600,325	0,5443193		
1637820203	25/11/2021 0:03	-2,88574	-79,00478	2599,937	0,5648461		
1637820213	25/11/2021 0:03	-2,88597	-79,00473	2597,867	0,5910486		
1637820224	25/11/2021 0:03	-2,88625	-79,00471	2594,174	0,6223003		
1637820226	25/11/2021 0:03	-2,8863	-79,00472	2593,508	0,6279779		
1637820228	25/11/2021 0:03	-2,88634	-79,00472	2592,981	0,6324311		
1637820234	25/11/2021 0:03	-2,88649	-79,00476	2590,937	0,6497122		
1637820251	25/11/2021 0:04	-2,88692	-79,00476	2587,097	0,6975838		
1637820257	25/11/2021 0:04	-2,88707	-79,00474	2586,235	0,714431		
1637820265	25/11/2021 0:04	-2,88728	-79,00472	2584,986	0,7379161		
1637820280	25/11/2021 0:04	-2,88737	-79,00508	2584,573	0,7791789		
1637820300	25/11/2021 0:05	-2,8875	-79,00554	2583,352	0,8323335		
1637820324	25/11/2021 0:05	-2,88808	-79,00539	2578,941	0,8990236		
1637820327	25/11/2021 0:05	-2,88816	-79,00538	2578,291	0,9079992		

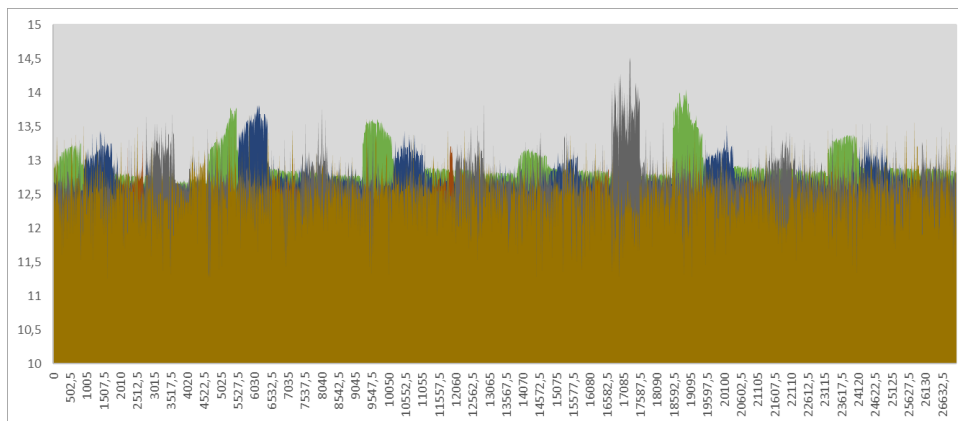
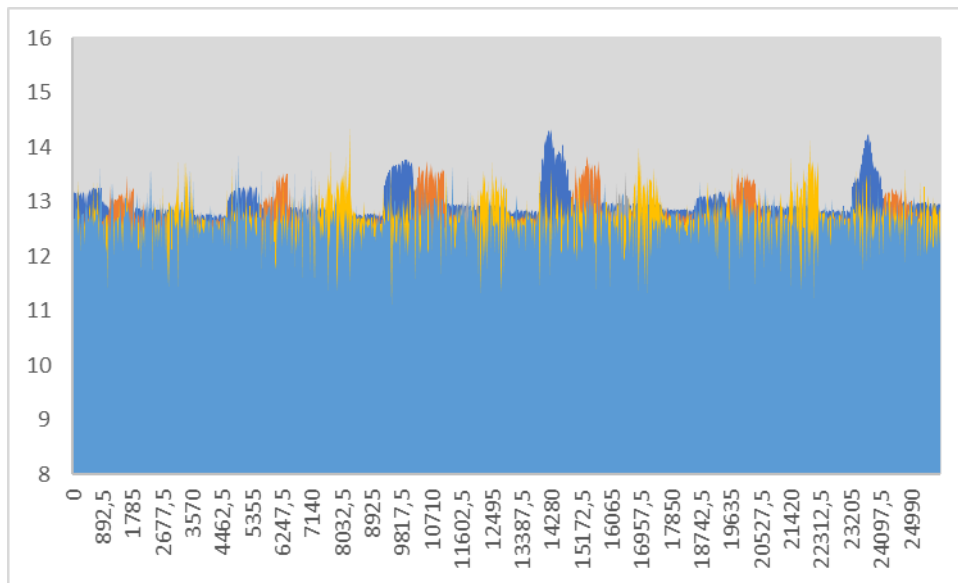
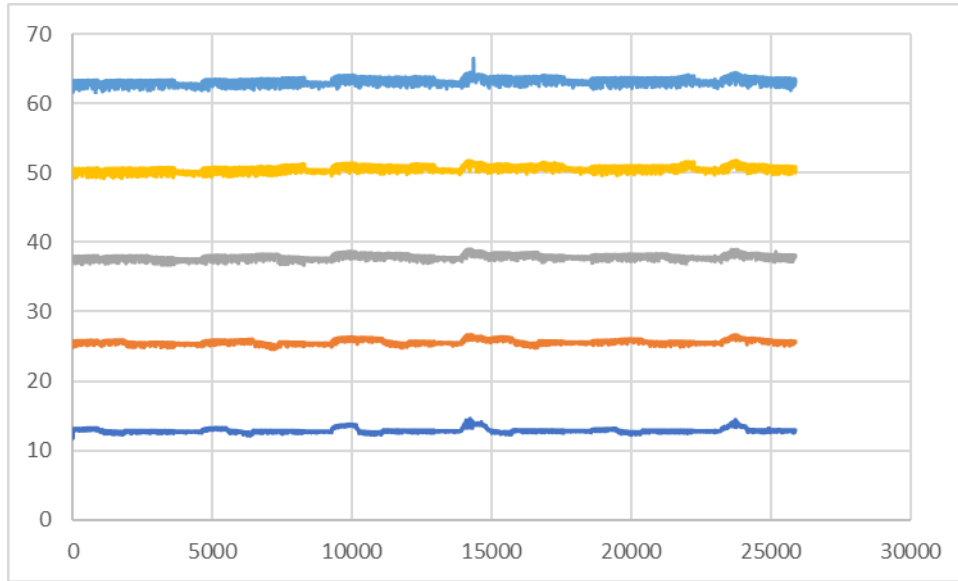


ANEXO 4. Rutas diseñadas en Google Earth

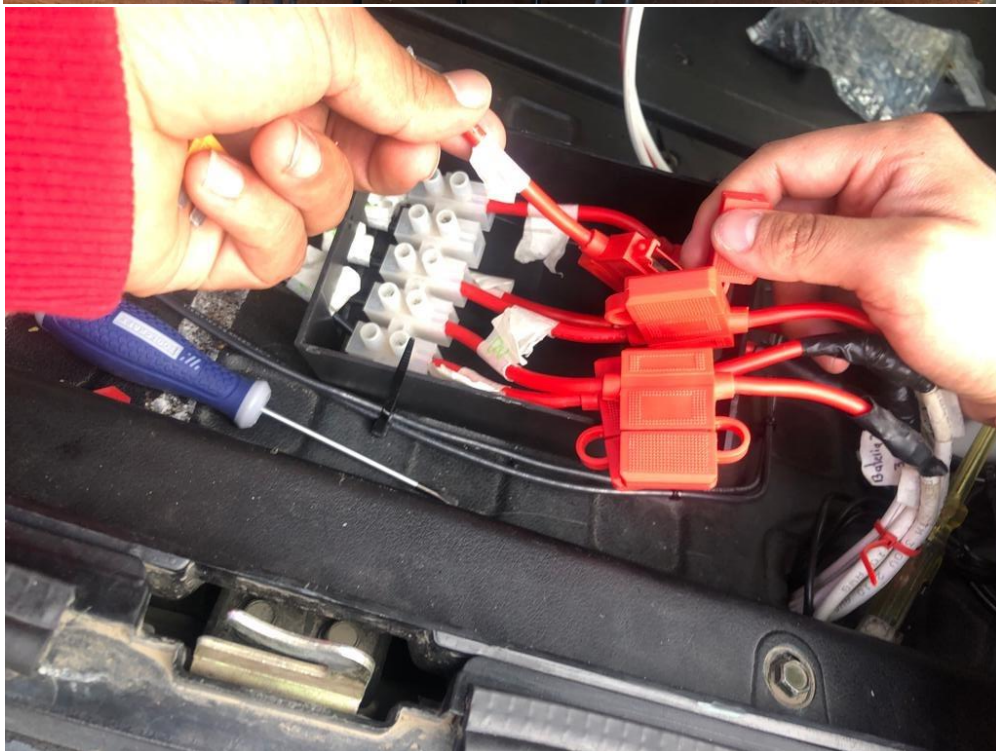
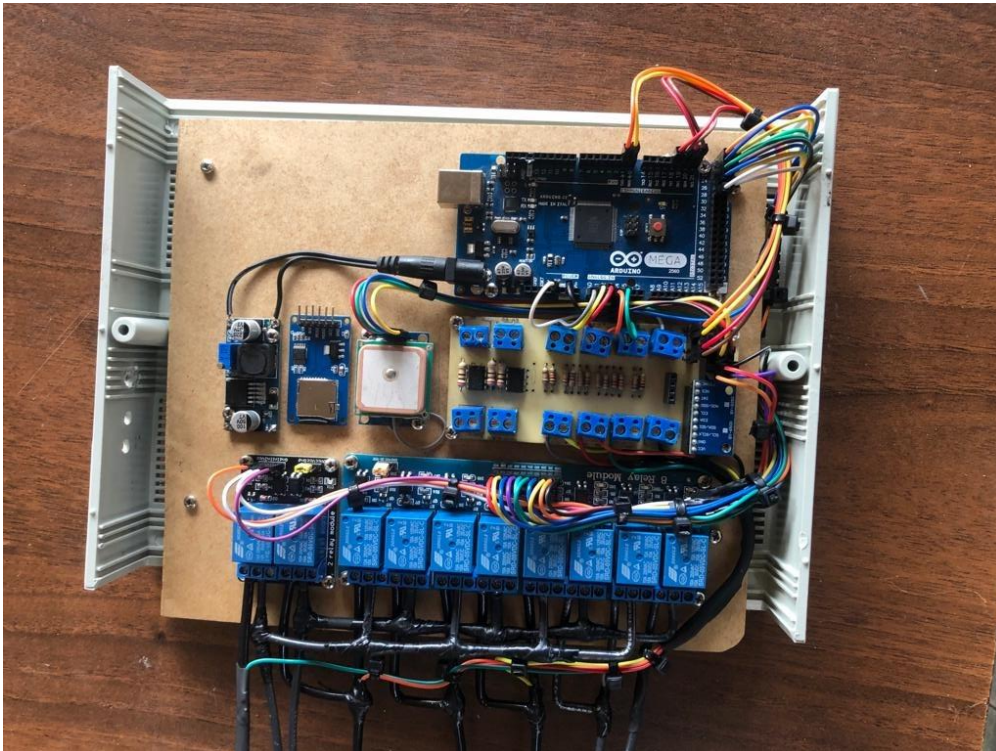


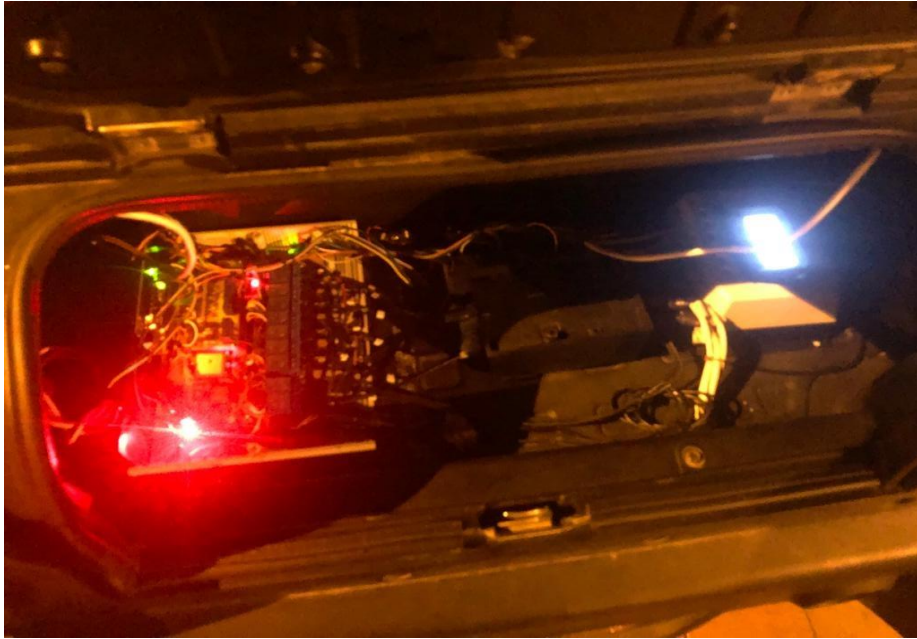
ANEXO 5. Inclinación de las rutas diseñadas mediante Google Earth

ANEXO 7. Secuencia de carga del banco de baterías



ANEXO 8. Instalación del ecualizador de carga para el VE





ANEXO 9. Enlace a la plataforma Figshare donde se encuentra el detalle de todos los anexos

<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20235648>

Autorización de publicación en el repositorio digital

Edison Adrián Sotamba Chimbo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0350159695**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Electromovilidad con energía neta zero para docentes de la Universidad Católica de Cuenca”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **04 de agosto de 2022**

F: 

Edison Adrián Sotamba Chimbo

C.I. 0350159695