



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
TELEMETRÍA PARA LA TRICICLETA SOLAR QUE
PARTICIPARÁ EN LA CARRERA ATACAMA SOLAR 2014.”**

AUTOR: SENÓN PEDRO REISANCHO CASCO

DIRECTOR: Ing. David Rivas.

CODIRECTOR: Ing. Fabricio Pérez.

LATACUNGA

2016



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO

ING. DAVID RIVAS. (DIRECTOR)

ING. FABRICIO PÉREZ. (CODIRECTOR)

Certifican que el trabajo de titulación, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA TRICICLETA SOLAR QUE PARTICIPARÁ EN LA CARRERA ATACAMA SOLAR 2014.” realizado por el señor Senón Pedro Reisancho Casco, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor Senón Pedro Reisancho Casco para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 09 de Mayo del 2016



Ing. David Rivas
DIRECTOR



Ing. Fabricio Pérez
CODIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Senón Pedro Reisancho Casco, con cédula de identidad N° 0502782865, declaro que este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA TRICICLETA SOLAR QUE PARTICIPARÁ EN LA CARRERA ATACAMA SOLAR 2014.” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 09 de Mayo del 2016

Una firma manuscrita en tinta azul sobre un fondo blanco.

Senón Pedro Reisancho Casco
C.C.: 050278286-5



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Yo, Reisancho Casco Senón Pedro, autorizo a la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA TRICICLETA SOLAR QUE PARTICIPARÁ EN LA CARRERA ATACAMA SOLAR 2014", cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva autoría y responsabilidad.

Latacunga, 09 de Mayo del 2016



Senón Pedro Reisancho Casco
C.C.: 050278286-5

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mi Dios, quién supo guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mis hermanas quienes han velado por mí durante este arduo camino y por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A Fabián Quimiz y Katherine Chuqui, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ellos. A todos mis amigos porque siempre con sus sonrisas y sus abrazos alegran el día en momentos difíciles, gracias. Y a todas las personas que me conocen que con su amistad y oraciones de forma directa o indirecta, hicieron que este viaje este lleno de bendiciones y de felicidad.

Pedro Reisancho

"He peleado la buena batalla, he acabado la carrera, he guardado la fe."

2 Timoteo 4:7

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios quien me ha dado el conocimiento, la sabiduría y la vida para llegar a cumplir esta meta. Mis más sinceros agradecimientos están dirigidos hacia los Ingenieros David Rivas y Fabricio Pérez, quienes con su ayuda desinteresada, brindaron sus conocimientos para la culminación de este proyecto de tesis. A mi familia por siempre brindarme su apoyo, tanto sentimental, como económico. Y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien. Gracias Dios, gracias padres, hermanas y amigos.

Pedro Reisancho

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

Thomas Chalmers

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

1. CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Descripción de la carrera	3
1.3.1. Desierto Atacama	3
1.3.2. Carrera Solar Challenger	5
1.3.3. Reseña histórica	5
1.3.4. Categorías	8
1.3.5. Especificaciones de diseño	9
a. Fuentes de energía	9
b. Almacenamiento y carga de energía	10
c. Luces e indicadores	12
d. Velocidad	13
1.4. Tipos de vehículos	13

1.4.1. Vehículos híbridos	13
1.4.2. Vehículos eléctricos	14
1.4.3. Tricicleta solar	15
1.5. Parámetros de diseño	15
1.5.1. Estructura.....	16
1.5.2. Sistema de transmisión y frenos	17
a. Sistema de transmisión.....	17
b. Sistema de frenos	17
1.5.3. Sistema fotovoltaico	18
1.5.4. Sistema eléctrico.....	19
1.5.5. Sistema telemétrico	20
1.6. Esquema de la interacción de los procesos energéticos	21

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL SISTEMA TELEMÉTRICO PARA LA TRICICLETA	23
2.1. Elementos que componen el sistema telemétrico.....	23
2.2. Telemetría digital	23
2.3. Variables físicas.....	24
2.3.1. Temperatura	25
2.3.2. Velocidad	25
2.3.3. Diferencia De Potencial.....	26
2.3.4. Intensidad eléctrica	27
2.4. Sensores	28
2.4.1. Características de los sensores	29
2.4.2. Clasificación de los sensores.....	29
2.4.3. Sensores de temperatura.....	30
a. Termopares.....	30
b. RTD	31
c. Termistor	31
d. Sensores de corriente.....	32
e. Sensores de voltaje	33
f. Sensores de velocidad.....	33

2.5. Medios de comunicación.....	34
2.5.1. Medios de transmisión guiados.....	35
2.5.2. Medios de transmisión no guiados.....	35
2.6. Microcontroladores	36
2.7. Interfaz de usuario	37

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TELEMÉTRICO.....	38
3.1. Consideraciones de diseño.....	38
3.2. Elección de componentes	39
3.2.1. Controladores programables.....	40
a. Selección del microcontrolador	40
3.2.2. Sensores de velocidad.....	41
a. Selección del sensor de velocidad.....	42
3.2.3. Sensores de corriente	43
a. Selección del sensor de corriente	44
3.2.4. Sensores de temperatura.....	44
a. Selección del sensor de temperatura.....	45
3.2.5. Sensores de voltaje	45
a. Diseño del sensor de voltaje	46
3.2.6. Comunicación inalámbrica	48
a. Zigbee	49
a1. Selección del módulo de comunicación	50
b. Bluetooth	51
b1. Selección del dispositivo bluetooth	52
3.2.7. Lenguajes de programación para la interfaz de usuario	52
a. Lenguajes de programación para el computador.....	53
b. Selección del lenguaje de programación para el computador	54
c. Lenguajes de programación para la Tablet.....	54
d. Selección del lenguaje de programación para la Tablet	56
3.3. Diagrama de bloques del sistema.....	56
3.3.1. Descripción del diagrama de bloques y su funcionamiento	57

3.4. Esquema eléctrico del sistema	60
3.4.1. Funcionamiento eléctrico del sistema	61
3.5. Diagrama eléctrico del sistema telemétrico.....	65
3.5.1. Diagrama eléctrico con comunicación Zigbee.....	65
3.5.2. Diagrama eléctrico con comunicación bluetooth.....	66
3.6. Programa desarrollado en Labview	67
3.6.1. Panel frontal.....	67
a. Diagrama de bloques.....	68
3.7. Programa desarrollado en Google App Inventor.....	76
3.7.1. Panel frontal.....	76
3.7.2. Diagrama de bloques.....	77

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADO.....	80
4.1 Pruebas en campo.....	81
4.1.1 Pruebas de funcionamiento	82
4.1.2. Efecto de carga.....	83
4.1.3. Interferencias electromagnéticas	84
4.2. Consideraciones de pruebas	84
4.3. Análisis de resultados	85
4.2.1. Análisis del sensor de velocidad	89
4.2.2. Análisis del sensor DHT11 (°C).....	91
4.2.3. Análisis del sensor de corriente (A).	93
4.5. Análisis del sensor de voltaje de las celdas (V).	95
4.6. Análisis del sensor de voltaje de baterías (V).	96
4.7. Cálculos del error de cada variable.....	99

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
5.1. Conclusiones	100
5.2. Recomendaciones	102

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS	109

Anexo No. 1 CÓDIGO ARDUINO CON COMUNICACIÓN ZIGBEE

Anexo No. 2. CÓDIGO ARDUINO CON COMUNICACIÓN BLUETOOTH

Anexo No. 3. DATOS DE LAS PRUEBAS DE VELOCIDAD.

Anexo No. 4. DATOS DE LAS PRUEBAS DE TEMPERATURA.

Anexo No. 5. DATOS DE LAS PRUEBAS DE CORRIENTE A 30 KM/H.

Anexo No. 6. DATOS DE LAS PRUEBAS DE VOLTAJE DE LAS CELDAS.

Anexo No. 7. DATOS DE LAS PRUEBAS DE LAS BATERÍAS.

**Anexo No. 8. INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO PARA LA
ADQUISICIÓN DE DATOS EN LABVIEW.**

**Anexo No. 9. INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO PARA LA
ADQUISICIÓN DE DATOS EN APPINVENTOR.**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Recorrido Carrera Atacama Primera Edición	6
Figura No. 2. Recorrido Carrera Atacama Segunda Edición	7
Figura No. 3. Recorrido Carrera Atacama Tercera Edición	7
Figura No. 4. Partes de un Vehículo Híbrido.....	14
Figura No. 5. Partes de un Vehículo Eléctrico	14
Figura No. 6. Tricicleta Impulsada por Energía Solar	15
Figura No. 7. Sistema Solar Fotovoltaico.....	18
Figura No. 8. Sistema Eléctrico de un Vehículo.....	20
Figura No. 9. Distribución de un Sistema Telemétrico	21
Figura No. 10. Esquema de la interacción de los procesos energéticos.....	22
Figura No. 11. Sistema de telemetría a diseñar para la tricicleta solar.	23
Figura No. 12. Representación genérica de un circuito eléctrico.....	27
Figura No. 13. Termopar.....	30
Figura No. 14. RTD.....	31
Figura No. 15. Termistor	32
Figura No. 16. Sensor de Corriente no invasivo.	32
Figura No. 17. Modelo Fluke detector de voltaje.....	33
Figura No. 18. Encoder Codificador rotatorio.....	34
Figura No. 19. Red por Medios Guiados.....	35
Figura No. 20. Red por Medios No Guiados	36
Figura No. 21. Diagrama de bloques del microcontrolador	37
Figura No. 22. Diagrama de bloques del primer diseño	39
Figura No. 23. Diagrama de bloques del segundo diseño	39
Figura No. 24. Diseño del Divisor de Voltaje	47
Figura No. 25. Diseño del Divisor de Voltaje	48
Figura No. 26. Software XCTU	51
Figura No. 27. Diagrama de Bloques del Sistema telemétrico.....	57
Figura No. 28. Esquema Eléctrico del Sistema.....	61
Figura No. 29. Distribución de Paneles Solares en la Tricicleta.....	62
Figura No. 30. Controlador Tristar MPPT para Paneles Solares.	62

Figura No. 31. Curva de Potencia Generada por Paneles Solares.....	63
Figura No. 32. Baterías Golden Motor	64
Figura No. 33. Controlador, Motor, Rueda Integrada Magic Pie III	64
Figura No. 34. Sistema Telemétrico con comunicación para Computadora	66
Figura No. 35. Sistema Telemétrico con comunicación para Tablet.....	67
Figura No. 36. Panel Frontal del Programa Principal.....	68
Figura No. 37. VISA Configuración del Puerto Serial.....	69
Figura No. 38. Bloque de la función para envío y recepción de datos	69
Figura No. 39. Bloques del SubVIs de las variables a censar.	70
Figura No. 40. Bloque de Recepción de Datos de Temperatura.	70
Figura No. 41. Bloque de Recepción de la velocidad.	71
Figura No. 42. Escalamiento de la velocidad.....	72
Figura No. 43. Escalamiento de la variable velocidad.	73
Figura No. 44. Bloque de Recepción del estado de las baterías.	73
Figura No. 45. Bloque de Recepción de Datos de Corriente.	74
Figura No. 46. Bloque de Recepción de Datos del voltaje de las celdas.	74
Figura No. 47. Visa Close para cerrar el puerto.....	75
Figura No. 48. Función para visualizar los históricos de las variables.	75
Figura No. 49. Panel Frontal del programa de la Tablet	76
Figura No. 50. Función Initialize Global	77
Figura No. 51. Diagrama de Bloques para obtener la dirección del bluetooth	77
Figura No. 52. Diagrama de bloques para conectarse al bluetooth elegido.	77
Figura No. 53. Diagrama de bloques que verifica si están disponibles los datos.....	78
Figura No. 54. Código de segmentación de la trama recibida del Arduino Mega 2560.....	78
Figura No. 55. Diagrama de bloques para el registro de datos.....	79
Figura No. 56. Diagrama de Bloques para Desconectar el Bluetooth.....	79
Figura No. 57. Diagrama de Bloques para cerrar la Aplicación.	79
Figura No. 58. Circuito de prueba de la tricicleta solar	81
Figura No. 59. Tricicleta en el escenario de pruebas.....	82

Figura No. 60. Tricicleta en el punto de partida	82
Figura No. 61. Seguidor de Tensión para evitar el efecto de carga	83
Figura No. 62. Comportamiento de la velocidad, corriente y baterías.	87
Figura No. 63. Voltaje Batería vs matriz fotovoltaica	88
Figura No. 64. Comportamiento del voltaje de las celdas con el voltaje de las baterías.....	88
Figura No. 65. Comportamiento de la temperatura de las celdas	89
Figura No. 66. Sensor de Velocidad Instalado en la Tricicleta.....	90
Figura No. 67. Velocímetro Vs Sensor de Efecto Hall	90
Figura No. 68. Sensor de Temperatura Instalado en la Tricicleta Solar.....	91
Figura No. 69. Fluke 52ii Vs Sensor DHT11	92
Figura No. 70. Sensor de Corriente Instalado en la Tricicleta Solar	93
Figura No. 71. Fluke 115 Vs Sensor ACS712.....	94
Figura No. 72. Sensor de Voltaje para las Celdas Instalado.....	95
Figura No. 73. Fluke 115 Vs Divisor de tensión	96
Figura No. 74. Sensor de Voltaje para las Baterías Instalado en la Tricicleta Solar	97
Figura No. 75. Fluke 115 Vs Divisor de Tensión.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Magnitudes Físicas y su simbología.....	24
Tabla No. 2. Conversión de las diferentes escalas de Temperatura.....	25
Tabla No. 3. Tabla comparativa de los Controladores Programables	40
Tabla No. 4. Comparación de los sensores de la variable de velocidad.....	42
Tabla No. 5. Comparación de los sensores de Corriente	43
Tabla No. 6. Comparación de sensores de Temperatura	45
Tabla No. 7. Comparación de los sensores de Voltaje	46
Tabla No. 8. Características de los medios de comunicación inalámbricos	49
Tabla No. 9. Comparación de las antenas WiFi.....	50
Tabla No. 10. Comparación de los dispositivos Bluetooth	52
Tabla No. 11. Lenguajes de programación para la interfaz de usuario en el computador.....	53
Tabla No. 12. Características de las pantallas táctiles.....	55
Tabla No. 13. Lenguajes de programación para Android.....	56
Tabla No. 14. Análisis de varianza de temperatura	92
Tabla No. 15. Análisis de varianza de corriente.....	94
Tabla No. 16. Análisis de varianza del voltaje de las celdas.....	96
Tabla No. 17. Análisis de varianza del voltaje de las baterías	98
Tabla No. 18. Errores de los sensores seleccionados.....	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No. 1 Formula de la velocidad.....	26
Ecuación No. 2 Formula de la ley de ohm.	27
Ecuación No. 3 Formula de la intensidad de corriente.....	28
Ecuación No. 4 Formula de la recta.....	71
Ecuación No. 5 Reemplazo de valores en la ecuación de la recta	72

RESUMEN

El propósito del proyecto, es diseñar e implementar el sistema de telemetría para la tricicleta solar, en base a las especificaciones de la competencia Atacama Solar Challenger categoría “La Ruta Solar”. La principal misión del proyecto es brindar el monitoreo de las magnitudes físicas de la tricicleta y tomar acciones correctivas a tiempo en caso de ser necesario. El documento inicia con una introducción a la reseña histórica de la carrera sus categorías y versiones además de una redacción de los parámetros de diseño en cuanto a la estructura, sistema de transmisión y frenos, sistema fotovoltaico y el sistema eléctrico. El segundo capítulo realiza un estudio a profundidad sobre los elementos del sistema telemétrico como son: tipos de variables, sensores, microcontroladores, medios de comunicación y la interfaz de visualización de las variables. El tercer capítulo se describe detalladamente los parámetros de selección de los componentes a utilizar, con cuadros comparativos para las siguientes variables: voltaje de los paneles solares, el estado de las baterías, el consumo de corriente del motor, la velocidad del vehículo, y la temperatura de trabajo de las celdas fotovoltaicas. Seguidamente en el capítulo cuatro se procede a realizar las pruebas de funcionamiento del sistema telemétrico tomando datos en pleno movimiento de la tricicleta y comparándolas con sensores de referencia llegando a concluir que los elementos seleccionados han sido los adecuados para la construcción de la “Tricicleta Solar” la cual tiene como destino competir en la carrera ya mencionada representando a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

PALABRAS CLAVE:

- **TELEMETRÍA.**
- **TRICICLETA SOLAR.**
- **MICROCONTROLADORES.**
- **ENERGÍA SOLAR.**

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and establish telemetry for the solar tricycle, based on the specifications for the competence of “La Ruta” Atacama Solar Challenger. The main mission of the project is to offer free monitoring of the physical magnitudes of the tricycle and to take corrective actions on time if it is necessary. The document starts with an introduction to the historical remembrance of the career, its categories and latest versions; besides there is a reading about the parameters of the designs related to the structure, transmission and brake structures, photovoltaic system and the electrical system. The second chapter deals with a profound study on the elements of the telemetric system such as: types of variables, micro controller sensory, communication means and the interface of screen variables. On chapter three, the parameters of the selection of components, comparative charts for the following variables: voltage of solar panels, state of batteries, consumption of motor’s power, vehicles’ speed, and the temperature of photovoltaic cells. Following, chapter fourth deals with trials of the telemetric system functioning taking data right in motion of the tricycle and comparing them with reference sensors, which helps us to conclude that the selected elements have been adequate for the construction of the “Solar Tricycle”, which is aimed at competing at the above mentioned race representing the Universidad de las Fuerzas Armadas extension Latacunga.

Key words:

- **TELEMETRY.**
- **SOLAR TRICYCLE.**
- **MICRO-CONTROLLERS.**
- **SOLAR ENERGY.**

CAPÍTULO I

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Introducción

Hoy en día, con los problemas del medio ambiente y las consecuencias por los escasos de algunos recursos naturales, ha hecho que fijemos nuestras miradas en otras alternativas de energía como: la energía solar que es obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. Esta energía es el motor de todas las actividades de los seres vivos sobre el planeta, incluidas las de los seres humanos. Las fuentes de energía son los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía para sus actividades. Estas fuentes de energía se denominan renovables cuando se pueden recurrir a ella de forma permanente porque son inagotables: por ejemplo el sol, el agua o el viento. Por lo contrario, las no renovables son aquellas fuentes de energía cuyas reservas son limitadas y, por tanto, pueden agotarse: por ejemplo, el petróleo o el carbón. A medida que las reservas son menores, es más difícil su extracción y aumenta su coste. (Rufes Martínez, 2010)

En la actualidad la estructura energética mundial se basa, en gran parte, en el consumo de las energías fósil y nuclear, dejando a un lado la energía hidráulica. Esta condición conduce a la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos sólidos y líquidos, el riesgo de accidentes graves. (Jutglar, 2004)

Con esto se demuestra que cada día más, las fuentes de energía renovables son tecnologías apropiadas tanto en naciones desarrolladas como en países en desarrollo.

Es interesante echar un vistazo a los avances tecnológicos que cada vez más requieren que la energía sea limpia y que no sea agotable, para poderla transformar en energía eléctrica. La energía solar es una alternativa que

necesita sistemas de captación y de almacenamiento para aprovechar la radiación del sol de varias maneras diferentes como son:

- **Utilización directa:** mediante la incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva.
- **Transformación en calor:** es la llamada energía térmica, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se debe destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.
- **Transformación en electricidad:** es la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas integrantes de módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para un uso posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica. (Méndez Muñoz & Cuervo García, Energía Solar Térmica, 2007)

Actualmente esta última es costoso el material de los que están hechas las celdas, pero aun así es grande la demanda debido a que a medida que avanza la tecnología el ahorro de dinero es más considerable, siendo la única inversión la del inicio de la infraestructura, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento que con el paso del tiempo porque cada vez son más escasos.

En esta década el avance tecnológico ha hecho posible la realización de varias aplicaciones en diferentes áreas, a continuación detallo algunos ejemplos:

- Telecomunicaciones
- Electrificación rural.
- Iluminación Pública.
- Señalización.
- Control.
- Vehículos solares, etc.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar el sistema de telemetría para la tricicleta solar que participara en la carrera Atacama solar 2014.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar las técnicas de transmisión inalámbricas para variables físicas.
- Determinar los tipos de sensores que se utilizaran para el monitoreo de la tricicleta solar o afines.
- Desarrollar el algoritmo para el envío y recepción de datos procedentes de la tricicleta solar.
- Elaborar la interfaz de usuario para la visualización de las variables físicas procedentes de la tricicleta solar.
- Implementar un espacio de trabajo adecuado para el funcionamiento óptimo de la tricicleta solar.
- Instrumentar la tricicleta solar.

1.3. Descripción de la carrera

1.3.1. Desierto Atacama

El Desierto de Atacama es el más árido del mundo, que se extiende por

el norte de Chile con sus salares, termas y geiser, grandes minas de cobre y otros minerales, como la de Chuquicamata, en Calama, y otras a grandes altitudes en el altiplano, y fértiles quebradas y oasis cuyos frutos únicos invitan a tours gastronómicos.

En el desierto, en invierno, la historia es otra: la temperatura varía desde -7°C a 26°C entre la noche y el día. (Travel, 2015)

La principal causa es un fenómeno climático global que en esta latitud crea desiertos en las costas occidentales de todos los continentes del Hemisferio Sur.

Grandes sistemas estables de alta presión conocidos como Anticiclones del Pacífico se mantienen junto a la costa, creando vientos alisios hacia el este que desplazan las tormentas.

Por otra parte la Corriente de Humboldt transporta agua fría desde la Antártica hacia el norte a lo largo de la costa chilena, la que enfría las brisas marítimas del oeste, reduce la evaporación y crea una inversión térmica (aire frío inmovilizado debajo de una capa de aire tibio), impidiendo la formación de nubes altas productoras de lluvias.

Toda la humedad creada progresivamente por estas brisas marítimas se condensa a lo largo de las escarpadas laderas de la Cordillera de la Costa que dan hacia el Pacífico, creando ecosistemas costeros altamente endémicos compuesto por cactus, suculentas y otros ejemplares de flora xerofítica.

El último factor que contribuye a la formación del desierto es la Cordillera de los Andes, que en el norte forma una planicie volcánica elevada y ancha conocida como Altiplano. Pero así como en el sur la Cordillera de los Andes contribuye a capturar la humedad proveniente del Pacífico, en el norte el Altiplano impide la entrada a Chile de las tormentas cargadas de humedad

provenientes de la Cuenca Amazónica, que se encuentra al noreste. (Clinamen, 2015)

1.3.2. Carrera Solar Challenger

La Carrera Solar Atacama es la primera competencia de vehículos solares de Latinoamérica. La carrera convoca a equipos de todo el mundo con el fin de generar innovación e investigación en tecnologías fotovoltaicas, aportar al desarrollo de la movilidad eléctrica y a la formación de emprendedores conscientes sobre la importancia de las energías renovables como impulsoras de una sociedad más sustentable.

La competencia es organizada por la ONG La Ruta Solar, organización sin fines de lucro que busca proponer cambios tecnológicos sustentables en la sociedad a través de iniciativas y proyectos que estimulen el emprendimiento de jóvenes líderes, donde las energías renovables y el cuidado del medio ambiente sean pilares fundamentales. Carrera Solar Atacama impulsa la industria nacional de vehículos eléctricos, para en un futuro llegar a un modelo de realidad urbana que cuente con este tipo de transporte, y así llegar al desarrollo y sostenibilidad de Chile. (C. S. Atacama, 2014) (C. S. Atacama Acerca de Nosotros, 2015)

1.3.3. Reseña histórica

La Carrera Solar Atacama es una competencia de vehículos solares que se realiza en Chile única en América Latina, en la cual se reúnen equipos provenientes de toda la región con sus respectivos vehículos solares para recorrer el Desierto de Atacama.

Esta carrera tiene una duración de cuatro días y en ella se recorren más de mil kilómetros entre las ciudades de Iquique, Pozo Almonte, Antofagasta y Calama. Actualmente han tenido tres versiones y una que se desarrollara del 21 al 26 de abril del 2016.

A continuación paso a citar algunas versiones que se han desarrollado.

a) Versión 2011

El 30 de septiembre del 2011, once equipos divididos en las categorías Híbridos y Evolución, desafiaron al desierto más árido y seco del mundo. En Figura No. 1 se observa el recorrido, con una distancia de 1060 Km dieron por vencedor al equipo Antakari, de la Categoría Evolución y al equipo Los Andes, Mining Parts, de la categoría híbrida.



Figura No. 1. Recorrido Carrera Atacama Primera Edición

Fuente: (ONG La Ruta Solar, 2015)

b) Versión 2012

En la segunda versión de la Carrera Solar Atacama, cuatro días de competencia permitieron que Antakari, el equipo comandado por la Universidad de la Serena y Minera los Pelambres, ratificaran su condición de campeón en la categoría Evolución del año 2012; y el primer lugar en la categoría Híbrida, recayó en el equipo ACAPOMIL, de la Academia Politécnica Militar. En la Figura No. 2 se observa el recorrido, con una distancia de 1200 Km dividido en cuatro etapas:

- a) Humberstone – Calama.
- b) Calama – Toconao - San Pedro de Atacama.
- c) Calama – Baquedano.

d) Salitrera Chacabuco – Humberstone.

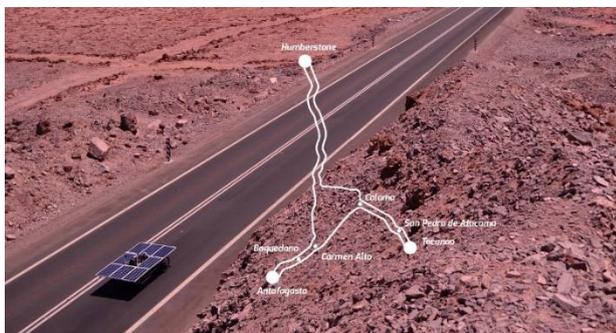


Figura No. 2. Recorrido Carrera Atacama Segunda Edición

Fuente: (ONG La Ruta Solar, 2015)

c) Versión 2014

El año 2014, en la tercera versión del "Rally Ecológico de Chile", En la Figura No. 3 se observa el recorrido, más de mil kilómetros en cuatro días, pasando por las localidades de Humberstone, Calama, San Pedro de Atacama y Baquedano, que embellecieron la ruta con majestuosos paisajes del Desierto de Atacama, en esta versión el objetivo era mejorar la comunicación y logística para los equipos, además de servir como un medio de difusión de la competencia, permitiendo que en uno de los días, la comunidad conociera los vehículos en competencia.



Figura No. 3. Recorrido Carrera Atacama Tercera Edición

Fuente: (ONG La Ruta Solar, 2015)

1.3.4. Categorías

La carrera tiene varias categorías con el fin de agrupar diversos tipos de competidores:

a) Desafío Solar Atacama

Los vehículos de esta categoría son impulsados exclusivamente por energía solar. Se caracterizan por presentar un diseño completamente aerodinámico y emplear componentes de última tecnología. Los equipos del Desafío Solar Atacama buscan llevar la eficiencia de los vehículos eléctricos hasta niveles nunca antes vistos. Los diseños se dividen en dos subcategorías:

- **Clásico:**

Vehículo de 3 ruedas para 1 ocupante cuyo diseño apunta a reducir al mínimo las pérdidas de eficiencia mecánicas. Suele comprender un perfil alar como fuselaje y un habitáculo ajustado.

- **Evolución:**

Vehículo de 4 ruedas para 1 ocupante cuyo diseño apunta a la eficiencia, incluyendo algunas prestaciones que lo acercan a un vehículo convencional. Su habitáculo se encuentra más centrado y provee mayor ergonomía para el ocupante.

b) La Ruta Solar

Esta categoría, única en el mundo, integra vehículos híbridos que ocupan tanto energía solar como tracción humana para propulsarse. Apunta a desarrollar vehículos amigables con el medio ambiente a bajo costo, ampliando la participación en

*Carrera Solar Atacama a equipos con financiamiento limitado.
(ONG La Ruta Solar, 2015)*

1.3.5. Especificaciones de diseño

a. Fuentes de energía

La irradiación solar recibida de forma natural sobre las celdas fotovoltaicas dispuestas en el vehículo, junto con la energía que proporciona el ocupante mediante pedaleo, son las únicas fuentes de energía externa que pueden ser utilizadas para propulsar el vehículo. No está permitido rescatar la energía calórica generada por la irradiación solar.

La irradiación solar suele ser utilizada para caracterizar las propiedades nominales de las celdas fotovoltaicas. Sus unidades en el sistema internacional son [W/m²].

Emplear el pedaleo del ocupante para cargar las baterías mediante un generador eléctrico está permitido. Sin embargo, la carga por este medio no puede ser realizada cuando el vehículo es remolcado.

Para captar la irradiación solar, el vehículo puede contar con una superficie máxima de 4 m² de celdas fotovoltaicas de silicio.

El arreglo de celdas solares debe estar instalado de tal manera que no afecte la estabilidad de vehículo.

No está permitido utilizar paneles fotovoltaicos adicionales de apoyo cuando el vehículo esté detenido o esté siendo remolcado.

Se puede utilizar la energía recuperada por el movimiento del vehículo solar (freno regenerativo). En caso de utilizar un sistema

de frenos regenerativos, este no puede utilizarse cuando el vehículo es remolcado. (C. S. Atacama, 2014)

b. Almacenamiento y carga de energía

Se permitirá el uso de almacenamiento o acumulación de energía en el vehículo. El sistema de almacenamiento de energía del vehículo comprende al banco de baterías principal y al banco de baterías auxiliar.

El banco de baterías principal es el que alimenta al sistema eléctrico de tracción del vehículo (i.e. electrónica de potencia y motor). La capacidad de energía nominal máxima permitida para el banco de baterías principal es de 1,5 KWh.

La Organización se reserva el derecho de determinar cuál es la capacidad de energía nominal máxima del banco de baterías principal de cualquier equipo mediante la documentación que esté presente.

El banco de baterías principal puede estar completamente cargado al inicio de la carrera de forma opcional. Durante la carrera, el banco de baterías principal puede ser cargado solamente por las celdas fotovoltaicas, recuperada del movimiento del vehículo (i.e. freno regenerativo), o mediante el pedaleo del ocupante (i.e. generador).

Se permite la carga del banco de baterías principal mediante el pedaleo del ocupante solo durante tramos cronometrados o especiales. No está permitido hacerlo en tramos remolcados, puntos de control o entre días de competencia.

La carga del banco de baterías principal desde cualquier otra fuente dará lugar a la descalificación del equipo participante.

Las baterías que componen el banco de baterías principal deben estar sujetas firmemente a la estructura del vehículo de tal manera que se puedan

desmontar de ella. Se debe considerar para la disposición espacial de las baterías en el vehículo que la Organización utilizará precintos para sellar de la mejor manera posible el acceso a ellas durante la competencia.

El banco de baterías auxiliar es el que alimenta al sistema eléctrico auxiliar del vehículo (i.e. luces, telemetría, contactores, sensores, sistemas de comunicación). La capacidad de energía nominal máxima para el banco de baterías auxiliar la debe determinar el equipo participante.

Debe ser tal que se garantice el funcionamiento de los componentes auxiliares durante una etapa completa de competencia. No puede alimentar al sistema de tracción del vehículo.

La pérdida de operación de componentes electrónicos de seguridad (i.e. luces, entre otros) durante una etapa de competencia estará sujeto a una penalización.

Se entiende por pérdida de operación la condición en la que un dispositivo deja de funcionar ya sea por falla, desconexión o agotamiento de su fuente de energía.

Una etapa es el conjunto de tramos que los equipos deben recorrer en un día de competencia.

El banco de baterías auxiliar debe estar completamente cargado al inicio de cada etapa de la competencia. El equipo debe cargar el banco de baterías auxiliar de manera convencional con la red eléctrica local. La carga debe ser efectuada con un cargador o fuente de poder adecuada, tomando todas las medidas de seguridad especificadas por el fabricante.

Un equipo puede elegir no disponer de un banco de baterías auxiliar, alimentando el Sistema auxiliar por medio de su banco de baterías principal.

Sin embargo, la capacidad de energía nominal máxima permitida para el banco de baterías principal seguirá siendo de 1,5 Kwh y el equipo podrá ser penalizado en el caso de pérdida de operación de componentes electrónicos de seguridad durante una etapa de competencia.

Dispositivos que formen parte del sistema eléctrico auxiliar del vehículo que funcionen con una batería interna (i.e. computadores, ciclo analizadores, entre otros), están permitidos, siempre que su uso se ajuste a las especificaciones establecidas por el fabricante. No se permiten conexiones externas a la batería del dispositivo o del banco de baterías principal o auxiliar al dispositivo.

Los bancos de baterías principal y auxiliar deberán estar provistos de una ventilación adecuada hacia el exterior del vehículo. Sus terminales deben quedar fuera del alcance de sustancias inflamables.

Dispositivos de almacenamiento temporal, distintos de las baterías (i.e. súper-condensadores, entre otros), están permitidos. El equipo deberá demostrar que están completamente descargados en la línea de salida.

Si se utiliza un sistema de refrigeración para el vehículo que funcione con energía eléctrica, este debe alimentarse por medio del banco de baterías principal. (C. S. Atacama, 2014)

c. Luces e indicadores

El equipo debe mostrar que los focos de viraje del vehículo pueden ser empleados como luces intermitentes de advertencia. En caso contrario, el vehículo deberá estar provisto de 2 focos intermitentes de advertencia delanteros y traseros independientes de las luces de viraje que cumplan lo anterior.

Similarmente, el equipo debe mostrar que las luces traseras fijas del

vehículo pueden ser empleadas como luces de frenado. En caso contrario, el vehículo deberá estar provisto de 2 focos de frenado traseros independientes de las luces traseras fijas que cumplan lo anterior.

Las luces de frenado traseras deben distinguirse de las luces fijas cuando estas últimas estén encendidas. Para esto, se deben utilizar distintas intensidades de rojo.

El vehículo debe disponer de un informador acústico (i.e. bocina), cuya intensidad sea tal que pueda alertar a otros vehículos o personas de su presencia. (C. S. Atacama, 2014)

d. Velocidad

Los vehículos de la categoría La Ruta Solar deberán mantener una velocidad promedio mínima de 30 [km/h].

Los vehículos de la categoría Desafío Solar Atacama deberán mantener una velocidad promedio mínima de 45 [km/h].

La velocidad máxima permitida será de 100 [km/h] en todo momento, excepto donde la señalética de tránsito indique un límite menor. Los equipos cuyos vehículos solares excedan estos límites serán penalizados. (C. S. Atacama, 2014)

1.4. Tipos de vehículos

1.4.1. Vehículos híbridos

Estos vehículos llevan asociado al motor de combustión, un motor eléctrico como lo muestra la Figura No. 4 que complementa al motor principal, reduciendo de esa manera los consumos y emisiones. También es posible funcionar en ciudad con el motor eléctrico o al menos apoyarnos en él para reducir los consumos. Normalmente estos vehículos cuentan con escasa autonomía en

modo eléctrico, puesto que el motor eléctrico apenas puede funcionar unos kilómetros, ya que en algunos modelos ni siquiera es posible circular en modo totalmente eléctrico. (Rufes Martínez, 2010)

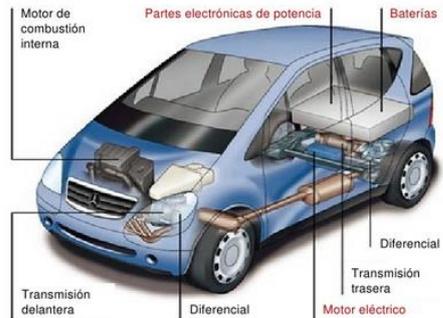


Figura No. 4. Partes de un Vehículo Híbrido

Fuente: (Sánchez M., 2010)

1.4.2. Vehículos eléctricos

Estos son los que cuentan con una serie de baterías, normalmente de iones de litio (o hierro como BYD) y que alimentan un motor eléctrico, por tanto el consumo de combustible es nulo al carecer de motor de combustión, y las emisiones igual. Estos vehículos lo encontramos en la Figura No. 5 hay que recargarlos enchufándolos a la red eléctrica, cuya carga suele tardar cerca de 7 u 8 horas, incluso algunos permiten una carga rápida. Una de los problemas de estos vehículos son los puntos de recarga y también la autonomía que ronda los 100 km. (Rufes Martínez, 2010)

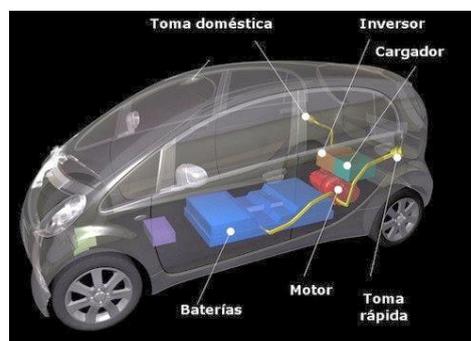


Figura No. 5. Partes de un Vehículo Eléctrico

Fuente: (Cinco Válvulas, 2012)

1.4.3. Tricicleta solar

La tricicleta solar es un vehículo de tres ruedas, generalmente impulsado por fuerza humana que aprovecha la energía solar para su funcionamiento, estos vehículos son de bajo costo y permite ahorrar energía, mejorar la salud por el pedaleo, protege el medio ambiente pues no tiene emisiones residuales, de bajo costo de producción, y de un fuerte impacto de contención social por parte de los estados ya que construyen plazas de energía solar que podrían suministrar en forma gratuita la recarga de energía del vehículo. (Global16, 2015)

Una de sus características es un medio de transporte lo vemos en la Figura No. 6 que tiene la estructura totalmente cerrada con un espacio para la entrada del conductor también posee eficiencia al contar con dos baterías extraíbles en caso de necesitarlo se puede cargar la batería simplemente enchufándola desde el propio vehículo o extrayéndola para cargarla en casa, en la oficina, en el garaje, etc.



Figura No. 6. Tricicleta Impulsada por Energía Solar

Fuente: (ONG La Ruta Solar, 2015)

1.5. Parámetros de diseño

Mediante el planteamiento de la competencia se hace efectivo en el proyecto, la utilización de tecnologías y materiales de fácil acceso para lo cual se cuenta con el apoyo de la Universidad de las Fuerzas Armadas

ESPE Extensión Latacunga y también con docentes altamente calificados para llevar adelante todo el proyecto de la tricicleta solar.

Por parte de los estudiantes somos un grupo de 8 personas de diferentes especialidades: Electromecánica, Automotriz y Electrónica orientados a lograr metas, alcanzar objetivos planteados y llevar el prestigio de la institución a un estándar más alto, influyendo positivamente al desarrollo del país, introduciendo variabilidad en los temas de investigación, ubicando siempre el contexto de tecnologías, de información y de las reglas estipuladas en la competencia con el fin de incrementar el desarrollo personal y mejorar el aprendizaje. A continuación se aborda cada tema con el fin de dar a conocer las características de las mismas cabe recalcar que los temas a desarrollarse abordan todas las áreas competenciales que son: Carrocería, Sistema De Transmisión y Frenos, Sistema Fotovoltaico, Sistema De Tracción Eléctrica y El Sistema Telemétrico

1.5.1. Estructura

El diseño a plantearse en el presente proyecto, tiene como propósito construir la estructura de una tricicleta, impulsada por energía solar y humana, teniendo como meta participar en la Competencia Latinoamericana de vehículos solares Fotovoltaicos denominada “La Ruta Solar”, categoría tres ruedas, que se realizará en Chile durante sus ediciones futuras.

La tricicleta solar debe de ser capaz de soportar cualquier carga establecida en el diseño para lograr que la estructura sea lo suficientemente resistente, confiable, segura y lograr que sea competitiva en comparación con otros diseños.

Las condiciones viales que se presenta durante la carrera para la tricicleta solar son variables, por lo cual se destaca dos principales desafíos: su topografía, a ratos abrupta y presentando tramos de considerable desnivel, y el estado material del pavimento, cuya

condición es variable y suele verse afectada por el frecuente tránsito de camiones y maquinaria pesada de minería. (Vivas & Ríos, 2015)

1.5.2. Sistema de transmisión y frenos

a. Sistema de transmisión

La transmisión es el elemento que transmite la fuerza de un cuerpo a otro, este invento está presente en multitudes sistemas de transmisiones en la industria actual.

El sistema de transmisión debe ser eficiente para evitar pérdidas por fricción y optimizar el rendimiento implementando combinaciones adecuadas para las relaciones de transmisión, estas combinaciones le permite al conductor seleccionar la más idónea para cada exigencia o necesidad del cliente y obtener el mejor rendimiento con el menor esfuerzo. (Guano & Jorque, 2015)

b. Sistema de frenos

El sistema de frenos es uno de los sistemas más importantes en la seguridad activa del automóvil. Debe ser eficaz, progresivo y previsible para que el conductor en todo momento pueda prever el comportamiento de su vehículo durante la frenada al mismo tiempo que pueda intuir la distancia de parada máxima para detener el vehículo, el sistema de frenos convierte la energía cinética por el desplazamiento en calor, utilizando para ello el razonamiento de elementos mecánicos.

Para ser considerado un buen sistema de frenado debe ser capaz de cumplir con los siguientes objetivos:

- Disminuir la velocidad del vehículo durante la marcha y cuando es necesario detenerlo totalmente en espacios razonablemente

reducidos siempre que actúe sobre el pedal del freno. La frenada se regula progresivamente con la presión ejercida sobre el pedal, y actúa sobre las cuatro ruedas.

- Mantener el vehículo parado cuando este estacionado sin riesgos de movimiento. Esta función actúa sobre dos ruedas (normalmente las traseras) y se acciona desde el habitáculo a través de una palanca, pedal o pulsador. El accionamiento de este tipo de freno suele ser mecánico y en algunas ocasiones eléctrico (freno de mano). (Navarro, Gomez Morales, & Águeda Casado, 2011)

1.5.3. Sistema fotovoltaico

Este tipo de sistema transforma la energía lumínica del sol en energía eléctrica. El sistema aprovecha recursos energéticos locales (sol) y tienen un mantenimiento sencillo. Destacan por ser sistemas no contaminantes y modulares; esto último permite adecuar su tamaño a los requerimientos presentes y futuros de consumo.

Por lo general, es una fuente energética mucho más constante y homogénea que la eólica y han demostrado ampliamente su capacidad de competir frente a sistemas de generación convencional (diésel) en numerosos casos. (Garcia Villa & Arribas, 1999)

Un sistema Solar Fotovoltaico consta de los siguientes elementos mostrados en la Figura No. 7.

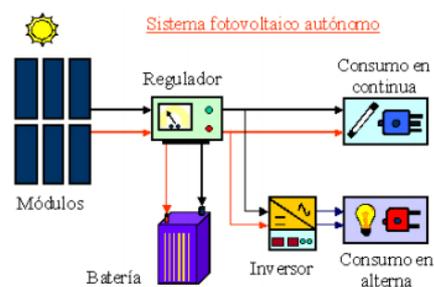


Figura No. 7. Sistema Solar Fotovoltaico

Fuente: (Ramírez Cáceres, 2015)

- **Regulador:** Se encarga de controlar la carga de las baterías, así como la descarga y evitar cargas o descargas excesivas. De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida.
- **Baterías:** Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el sistema de generación fotovoltaico para poder disponer de ella en las horas del día que no luzca el sol.
- **Inversor u Ondulador:** Si las cargas que se debe alimentar son a 120Vac, se necesitara un equipo que transforme la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna para alimentar las cargas. Esta es la función del inversor. (Ramírez Cáceres, 2015)

1.5.4. Sistema eléctrico

Se entiende por sistema eléctrico, a los elementos, líneas e instalaciones, que en conjunto, forman el sistema de transporte de energía, comprendido el cual desde las centrales productoras hasta los propios abonados. Sus misiones principales son la de unir eléctricamente las centrales generadoras con las instalaciones de abonado, generar la corriente eléctrica y transformar los valores de tensión con el fin de conseguir la mayor eficiencia posible de los equipos. (Tosatado, 2008) (Intercom, 2015)

La electricidad es la forma de energía más utilizada en la industria y en los hogares y en otras actividades más. La electricidad es una forma de energía relativamente fácil de producir en grandes cantidades, de transportar a largas distancias, de transformar en otros tipos de energía y de consumir de forma aceptablemente limpia.

Está presente en todos los procesos industriales y en prácticamente todas las actividades humanas por lo que se puede considerar hoy en día como un bien básico insustituible como en el caso de los vehículos. (Guirado, Asensi, Jurado, & Carpio, 2015)

A continuación en la Figura No. 8 se muestra un ejemplo de un sistema eléctrico de un auto.

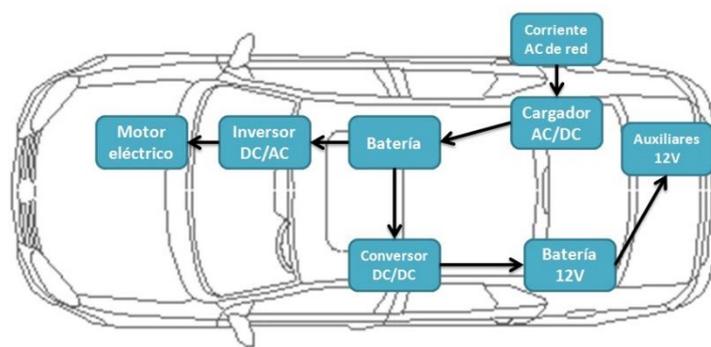


Figura No. 8. Sistema Eléctrico de un Vehículo

Fuente: (Enel S.A., 2014)

1.5.5. Sistema telemétrico

El sistema de telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de telemetría incluir el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de tripulados y no tripulados vuelos espaciales.

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o

visualización de datos. (Radio Comunicaciones, 2015) El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro. (Innova, 2015). En la Figura No. 9 se muestra los componentes y la distribución telemétrica:

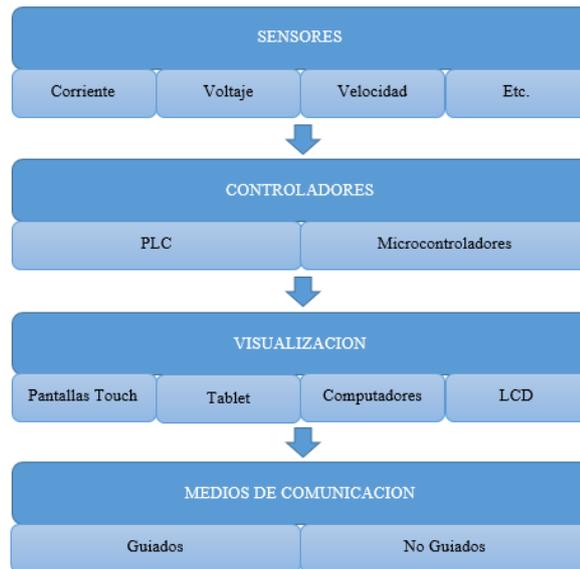


Figura No. 9. Distribución de un Sistema Telemétrico

1.6. Esquema de la interacción de los procesos energéticos

A continuación se conceptualizará las principales funciones a desarrollar dentro del proyecto que contempla distintos tipos de energía que consumen y almacenan de acuerdo a las prioridades del sistema. Para ello se estableció una jerarquía y lógica de funcionamiento que se representa en la siguiente Figura No. 10.

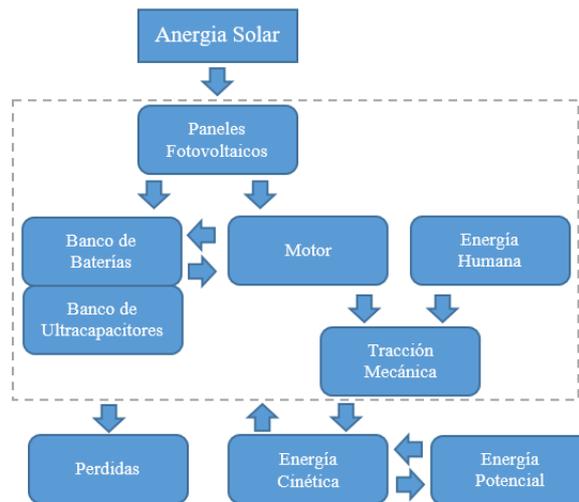


Figura No. 10. Esquema de la interacción de los procesos energéticos

Fuente: (Kalpakjian & S. R., 2015)

La energía primaria que proviene del Sol es convertida en energía eléctrica a través de los paneles fotovoltaicos. Esta energía alimenta en forma directa al motor (con un controlador), que a su vez mueve el vehículo. En este proceso de conversión electromecánica la energía eléctrica se transforma en energía cinética, potencial y pérdidas.

Las pérdidas del sistema son representadas en forma general ya que corresponden a la suma de pérdidas en los distintos procesos de conversión.

Cuando la energía para mover el vehículo proviene de la energía potencial, tanto los paneles fotovoltaicos como el motor (operando como generador) suministran energía al banco de baterías (controladas por un regulador de carga). Si la energía suministrada desde los paneles no es suficiente para mover el vehículo, es necesario accionar el vehículo con los pedales. Si la energía aún no alcanza, la batería se conecta al motor para mover el sistema mecánico. (Kalpakjian & S. R., 2015)

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL SISTEMA TELEMÉTRICO PARA LA TRICICLETA

2.1. Elementos que componen el sistema telemétrico

Este diseño consta de diferentes etapas como lo muestra la Figura No. 11, va a tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan ser procesadas en un hardware especializado para el tratamiento de señales y al final de esta etapa, puedan ser visualizadas cada variable física que ha sido censada. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecue la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

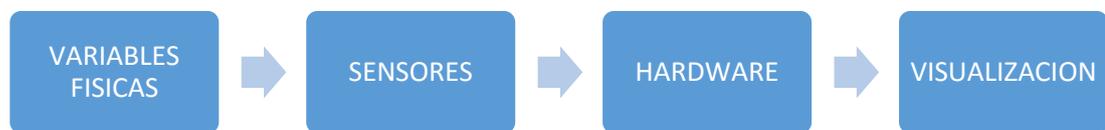


Figura No. 11. Sistema de telemetría a diseñar para la tricicleta solar.

La distancia que deberán recorrer los valores transmitidos determina la consideración de dos opciones: la telemetría guiada por medio alámbrico o fibra óptica; o la telemetría no guiada en que el valor medido es transmitido por señales de radio. La telemetría a distancia grande se vale de este último proceso.

2.2. Telemetría digital

Por poseer una mejor inmunidad al ruido que cualquiera de los métodos analógicos (modulación por ancho de pulso, por posición de pulso o por frecuencia de pulso) se ha seleccionado la telemetría digital para este proyecto. El ruido será un factor considerable en la operación de la tricicleta solar por participar

ella en una competencia exigente para cada componente del vehículo, los cuales generan todo tipo de ondas electromagnéticas cuando se le exige actuar al límite de sus capacidades. La diferencia esencial entre la telemetría digital y el método analógico es el valor de la variable medida requiere de varios pulsos para su transmisión. Es decir, cada pulso individual representa un bit de un número de codificación binaria cuyo valor es el de la variable medida con bastante aproximación en tiempo real. (Maloney, 2006)

2.3. Variables físicas

Una variable física es la magnitud que puede influir en el estado de un sistema físico.

Se llaman magnitudes a aquellas propiedades que pueden medirse y expresar su resultado mediante un número y una unidad. Son magnitudes la longitud, la masa, el volumen, la cantidad de sustancia, el voltaje, etc.

En la Tabla No. 1 encontramos las magnitudes físicas fundamentales. Si a estas magnitudes se les añaden dos magnitudes complementarias: el ángulo sólido y el ángulo plano, a partir de ellas pueden expresarse todas las demás magnitudes físicas. (Samuel, 2010) (Educacion ITE, 2015)

Tabla No. 1.

Magnitudes Físicas y su simbología.

Magnitudes Físicas	Símbolos
Longitud	x
Masa	m
Tiempo	t
Temperatura	T
Intensidad de Corriente Eléctrica	I
Intensidad Lumínica	I
Cantidad de sustancias	mol

Dentro del proyecto se consideró medir las siguientes variables como son: temperatura, voltaje de los paneles solares, velocidad, el estado de las baterías y la corriente que consume el motor, estas señales provienen de diferentes sensores ubicados en lugares estratégicos para ser evaluadas.

2.3.1. Temperatura

La temperatura de un cuerpo indica en qué dirección se desplazará el calor al poner en contacto dos cuerpos que se encuentran a temperaturas distintas, ya que éste pasa siempre del cuerpo cuya temperatura es superior al que tiene la temperatura más baja; el proceso continúa hasta que las temperaturas de ambos se igualan.

Las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: Celsius y Fahrenheit. Con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada Kelvin o absoluta. La escala Celsius es la más difundida en el mundo y se la emplea para mediciones de rutina, en superficie y en altura. (Perú, Ministerio del Ambiente, 2015)

Tabla No. 2.

Conversión de las diferentes escalas de Temperatura

De	Hacia Fahrenheit	Hacia Celsius	Hacia Kelvin
°F	F	$\frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$	$(^{\circ}\text{F} - 32) * \frac{5}{9} + 273.15$
°C	$(^{\circ}\text{C} * 1.8 + 32)$	C	$^{\circ}\text{C} + 273.15$
K	$(K - 273.15) * \frac{9}{5} + 32$	$K - 273.15$	K

Para convertir o transformar unidades de temperatura se utilizan fórmulas matemáticas, esto se encuentra explicada en la Tabla No. 2, según la conversión que se desea hacer.

2.3.2. Velocidad

La velocidad de un objeto se define como la distancia recorrida por un objeto dividido por el tiempo transcurrido. La velocidad es una cantidad vectorial y la velocidad media se puede definir como el desplazamiento dividido por el tiempo. (HyperPhysic, 2015)

Para determinar la velocidad de un objeto deben considerarse dos elementos fundamentales: por una parte, en qué dirección se realiza dicho desplazamiento, y por otra parte cuales la rapidez de dicho desplazamiento.

En la Ecuación No. 1 la velocidad se resuelve tomando el desplazamiento de un objeto, con su dirección, y dividiéndola por su cambio en el tiempo. Esto requiere de una dirección. Por lo tanto, un objeto que regresa a su posición no tiene velocidad.

$$v = \frac{d}{t}$$

Ecuación No. 1

Dónde:

v = velocidad a calcular [Km/h].

d = distancia recorrida por un objeto [Km].

t = tiempo que se demoró en llegar a otro punto [h].

Dentro del Sistema Internacional de unidades, la unidad de medida de la velocidad es el m/s (metro por segundo); pero también km/h (kilómetro por hora) y km/s (kilómetro por segundo).

2.3.3. Diferencia De Potencial

Se expresa en voltios y es la fuerza que hace que los electrones se muevan ordenadamente en una cierta dirección a través de las líneas conductoras (circuito), o sea, lo que hace que parezca una corriente eléctrica. Este principio se ilustra en la Figura No. 12.

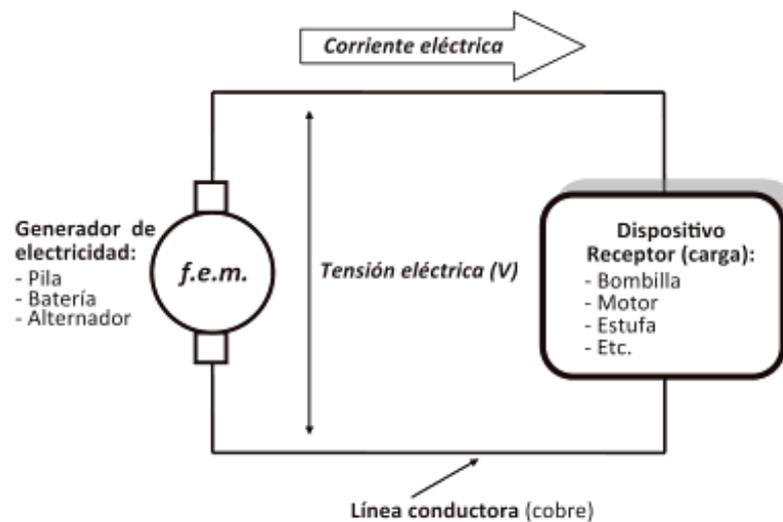


Figura No. 12. Representación genérica de un circuito eléctrico.

Fuente: (Hermosa Donate, 2012)

Matemáticamente es utilizada la ley de ohm que se expresa en la Ecuación No. 2:

$$V = I \times R$$

Ecuación No. 2.

Dónde:

V = Es el voltaje a calcular [V]

I = Intensidad Eléctrica que circula por el circuito [A]

R = Resistencia de la carga [Ω]

2.3.4. Intensidad eléctrica

Se expresa en Amperios y es la cantidad de carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo. (Hermosa Donate, 2012)

O sea, es una medida de la cantidad de corriente. Matemáticamente se expresa por como la Ecuación No. 3:

$$I = \frac{q}{t}$$

Ecuación No. 3.

Dónde:

I = intensidad eléctrica [A]

q = Cantidad de carga [C]

t = tiempo [s]

2.4. Sensores

Un sistema electrónico de medida o sensor es un dispositivo que produce señal en respuesta a su detección, o medición, de una propiedad, como posición, fuerza, torque, presión, temperatura, humedad, velocidad, aceleración, o vibración. Tradicionalmente, se han utilizado sensores (como actuadores e interruptores) para establecer límites en el desempeño de las máquinas.

La tecnología de los sensores se ha vuelto un aspecto importante de los procesos y sistemas de manufactura. Es fundamental para la adquisición apropiada de datos y la supervisión, comunicación y control por computadora de máquinas y sistemas

Debido a que convierten una cantidad a otra, con frecuencia a los sensores se les llama transductores. Los sensores analógicos producen una señal, como voltaje, que es proporcional a la cantidad medida. Los detectores digitales tienen salidas numéricas o digitales que se pueden transferir directamente a las computadoras. Existen convertidores analógicos a digitales (ADC, por sus siglas en inglés) para interfaces de sensores analógicos con computadoras

Dependiendo de su aplicación, un sensor puede constar de materiales metálicos, no metálicos, orgánicos o inorgánicos, además de fluidos, gases, plasmas o semiconductores. Utilizando las características especiales de estos materiales, los sensores

convierten la cantidad o propiedad medida a salida analógica o digital. Por ejemplo, la operación de un termómetro ordinario de mercurio se basa en la diferencia entre la dilatación térmica de ese metal y la del vidrio. (Schmid & Kalpakjian, 2002)

2.4.1. Características de los sensores

- **Rango de medida:** es el valor máximo y mínimo que puede medir un instrumento de forma confiable.
- **Precisión:** es la proximidad de varias medidas entre sí.
- **Exactitud:** es la cercanía del valor obtenido con el denominado valor real.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula.
- **Linealidad:** los valores obtenidos del sensor se aproxima a una línea recta.
- **Sensibilidad de un sensor:** relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Fidelidad:** características de un instrumento que no cambian al pasar el tiempo.

2.4.2. Clasificación de los sensores

En general, los sensores que son de interés en la manufactura se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Los sensores mecánicos miden cantidades como posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.
- Los sensores eléctricos miden voltaje, corriente, carga y conductividad.
- Los sensores magnéticos miden campo magnético, flujo y permeabilidad.

- Los sensores térmicos miden temperatura, flujo, conductividad y calor específico.
- Otros tipos son los acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, láser y fibra óptica. (Kalpakjian & S. R., 2015)

2.4.3. Sensores de temperatura

a. Termopares

Los termopares (Figura No. 13) son los sensores de temperatura utilizados con mayor frecuencia porque son sensores precisos relativamente económicos que pueden operar en un amplio rango de temperaturas. Un termopar se crea cuando dos metales diferentes se juntan y el punto de contacto produce un pequeño voltaje de circuito abierto como una función de temperatura. Puede usar este voltaje termoeléctrico, para calcular la temperatura. Para pequeños cambios en temperatura, el voltaje es aproximadamente lineal:

Los tipos de termopares más comunes incluyen B, E, K, N, R, S y T. (National Instruments, 2015)



Figura No. 13. Termopar

Fuente: (National Instruments, 2015)

b. RTD

Un RTD (Figura No. 14) de platino es un dispositivo hecho de bobinas o películas de metal (platino generalmente). Al calentarse, la resistencia del metal aumenta; al enfriarse, la resistencia disminuye. Pasar corriente a través de un RTD genera un voltaje en el RTD. Al medir este voltaje, usted puede determinar su resistencia y por lo tanto, su temperatura. La relación entre la resistencia y la temperatura es relativamente lineal. Generalmente, los RTDs tienen una resistencia de 100Ω a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y pueden medir temperaturas hasta $850 \text{ }^\circ\text{C}$. (National Instruments, 2015)



Figura No. 14. RTD

Fuente: (National Instruments, 2015)

c. Termistor

Un termistor (Figura No. 15) es una pieza de semiconductor hecha de óxidos de metal que están comprimidos en una pieza, disco, oblea u otra forma y son sometidos a altas temperaturas. Por último son cubiertos con epoxi o vidrio. Al igual que con los RTDs, al pasar una corriente a través de un termistor se lee el voltaje en el termistor y se determina su temperatura. Sin embargo, a diferencia de los RTDs, los termistores tienen más alta resistencia ($2,000$ a $10,000 \Omega$) y una sensibilidad mucho más alta ($\sim 200 \Omega/^\circ\text{C}$), permitiéndoles alcanzar más alta sensibilidad en un rango de temperatura limitado (hasta $300 \text{ }^\circ\text{C}$). (National Instruments, 2015)



Figura No. 15. Termistor

Fuente: (National Instruments, 2015)

d. Sensores de corriente

Existen varios modelos pero uno de los más utilizados se observa en la Figura No. 16 que es un tipo de transformador para la medición de corriente continua o alterna. Son particularmente útiles para medir el consumo o generación de electricidad de todo un edificio. Algunos de ellos incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los digitales de corriente pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.



Figura No. 16. Sensor de Corriente no invasivo.

Fuente: (Brico Geek, 2015)

e. Sensores de voltaje

En la Figura No. 17 se observa que es parecido a los sensores de corriente, que están diseñados para medir con precisión voltajes tanto en corriente alterna como en continua y de Impulso, directamente de las secciones de alta potencia en equipos basados en Semiconductores. Estos sensores le permiten al circuito de control adquirir y manejar señales de maneta aisladas y en baja potencia. La mayoría de los sensores usados con semiconductores de potencia están basados en la tecnología de efecto Hall, que les permite medir valores instantáneos, permitiendo tiempos rapidos de respuesta y una gran precisión en el control de la energía. (AmePower, Inc., 2015)



Figura No. 17. Modelo Fluke detector de voltaje.

Fuente: (CEDE S.A. de C.V. , 2016)

f. Sensores de velocidad

Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto sea lineal como angular, la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de velocidad angular de los motores que mueven las distintas partes de un robot. Otro tipo de sensor es para controlar la velocidad, basados en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado al eje del motor, dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso indicará la velocidad del motor. (Integracion y Control, 2015)

Otro sensor emplea un dispositivo de efecto Hall de doble elemento para

detectar campos magnéticos variables en presencia de un metal ferroso, normalmente una rueda dentada en movimiento como lo muestra en la Figura No. 18.

Los sensores de velocidad están diseñados como una alternativa a los tradicionales encoders. No necesitan contacto con los dispositivos, gracias a su sistema magnético en conjunto con una rueda dentada, permite la medición de movimientos rotatorios. Son una solución que permiten ahorrar gran cantidad de espacio. Son adecuados incluso para las condiciones de trabajo más duras.

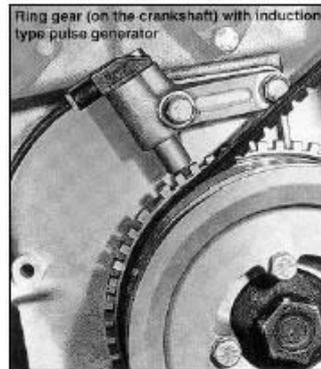


Figura No. 18. Encoder Codificador rotatorio

Fuente: (Meganeboy, 2016)

Todos estos sensores dan una unidad de frecuencia que se usa también para expresar la velocidad angular como son las Revoluciones Por Minuto (RPM); que es la cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada sesenta segundos.

2.5. Medios de comunicación

Para que pueda realizarse una transferencia de información entre dos puntos es necesario que exista un medio a través del cual realizar la transmisión y/o la recepción. En algunas ocasiones, este medio deberá ser necesariamente físico, como sucede con el sonido o con las señales

eléctricas transmitidas por cable. Sin embargo, las ondas electromagnéticas pueden viajar también a través del vacío.

En función de lo anterior distinguiremos entre medios de transmisión guiados y no guiados. (Garcia Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

2.5.1. Medios de transmisión guiados

La Figura No. 19 es una red por medios guiados que está formada por la conexión de cables entre los distintos dispositivos que la conforman. Estos medios de transmisión de datos pueden estar compuestos por Cable Coaxial, cables de Par Trenzado, Fibra óptica o bien dos o más de ellos al mismo tiempo. No debe confundirse medio de transmisión guiado con cable metálico, ya que, las ondas electromagnéticas pueden propagarse también en el interior de una guía de onda o confinadas de un material dieléctrico, como sucede con la fibra óptica. (Garcia Villa & Arribas, 1999)



Figura No. 19. Red por Medios Guiados

Fuente: (Gobierno Ti, 2015)

2.5.2. Medios de transmisión no guiados

La Figura No. 20 nos muestra que los medios de transmisión no guiados son aquellos en los que la señal no viaja confinada a un medio. La mayor parte

de comunicaciones se realiza mediante el envío y recepción de señales de radio frecuencia empleando antenas.

Sin embargo, también es posible realiza comunicaciones ópticas no guiadas, colocando el transmisor y receptor permanentemente alineados y propagando luz a través del aire.

En las comunicaciones no guiadas no es necesario que el medio de transmisión sea un material físico, ya que las ondas electromagnéticas se propagan a través del vacío. (García Rodrigo & Morales Santiago, 2012)

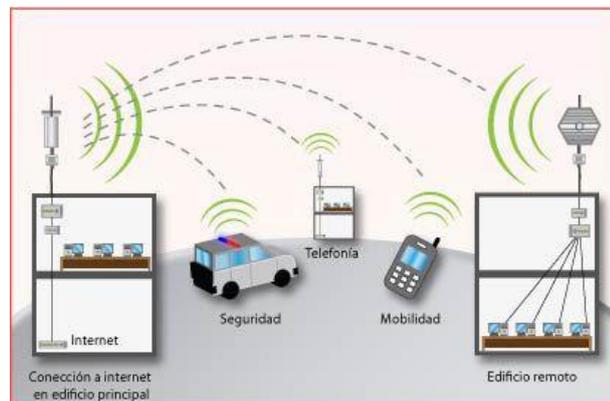


Figura No. 20. Red por Medios No Guiados

Fuente: (Gobierno Ti, 2015)

2.6. Microcontroladores

Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.

En la Figura No. 21 hay al microcontrolador metido dentro de un encapsulado de circuito integrado, con su procesador (CPU), buses, memoria, periféricos y puertos de entrada/salida. Fuera del encapsulado se ubican otros circuitos para completar periféricos internos y dispositivos que pueden conectarse a los pines de entrada/salida. También se conectarán a los pines del encapsulado la alimentación, masa, circuito de completamiento

del oscilador y otros circuitos necesarios para que el microcontrolador pueda trabajar.

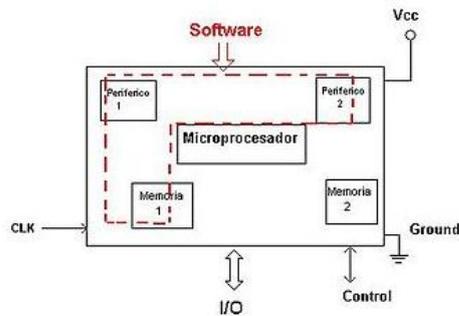


Figura No. 21. Diagrama de bloques del microcontrolador

Fuente: (Wikipedia, 2016)

Los microcontroladores están diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. (WikiMedia Argentina, 2015)

2.7. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario es uno de los componentes más importantes de cualquier sistema computacional, pues funciona como el vínculo entre el humano y la máquina. La interfaz de usuario es un conjunto de protocolos y técnicas para el intercambio de información entre una aplicación computacional y el usuario. Es responsable de solicitar comandos al usuario, y de desplegar los resultados de la aplicación de una manera comprensible. No es responsable de los cálculos de la aplicación, ni del almacenamiento, recuperación y transmisión de la información.

El éxito de un programa frecuentemente se debe a qué tan rápido puede aprender el usuario a emplear el software, de igual importancia es el que el usuario alcance sus objetivos con el programa de la manera más sencilla posible.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TELEMÉTRICO

En este capítulo se describe en detalle el diseño y el desarrollo de las aplicaciones para el sistema telemétrico en una forma extendida en la selección de cada uno de los elementos. La tricicleta solar requiere utilizar elementos para las medidas de magnitudes directamente relacionadas con el correcto funcionamiento del vehículo en su totalidad, todos estos valores, son medidos por sensores sofisticados, transmitiendo a un operador de forma inalámbrica, lo cual le permiten a dicho operador tomar decisiones para lograr el mejor desempeño durante la competencia.

3.1. Consideraciones de diseño

En esta etapa de diseño, hay dos formas de interactuar con todo el sistema:

- 1) Mediante el envío de datos inalámbricamente con un solo microcontrolador como lo muestra la Figura No. 22.
- 2) Mediante el envío de datos inalámbricamente con dos microcontroladores como lo muestra la Figura No. 23.

En este proyecto el segundo diseño es confiable por la facilidad de trabajo y para que cada uno trabaje por separado con su respectivo módulo de comunicación haciendo así, que sean rápidos y cumplan sus respectivas funciones de forma más sencilla, provocando que el tiempo de trabajo de los mismos pueda manejarse de mejor manera acercándonos a que la lectura de los datos sea en tiempo real.

También se consideró y se seleccionó para el diseño los módulos de comunicación inalámbricos, los sensores, y los lenguajes de programación

por sus diferentes características que ofrecían, esto más adelante detallamos.

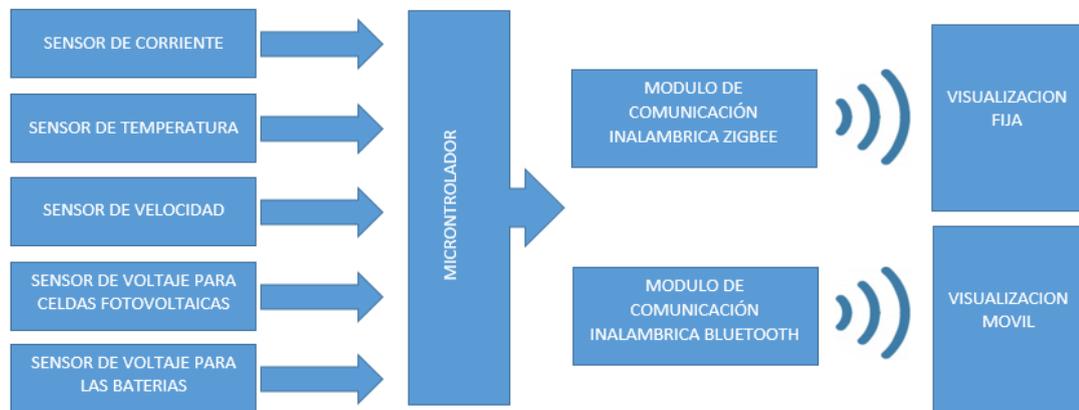


Figura No. 22. Diagrama de bloques del primer diseño

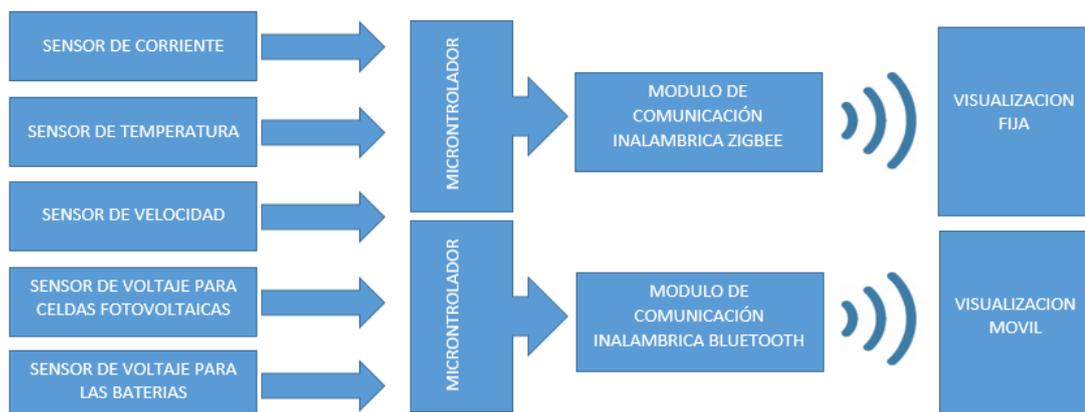


Figura No. 23. Diagrama de bloques del segundo diseño

3.2. Elección de componentes

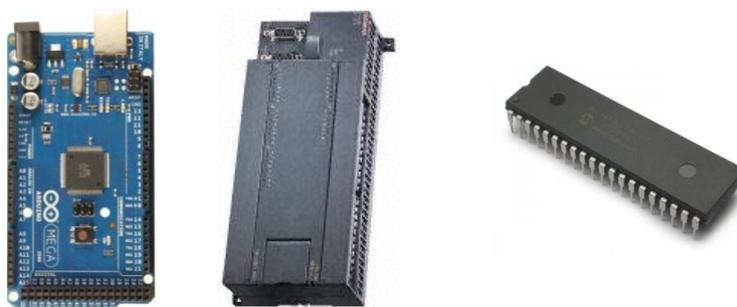
En este ítem se incluye y se comenta cada elemento necesario para el diseño, así como la elección de los componentes más representativos de cada uno de los elementos por sus características y las más deseadas para el sistema, por lo que, hay diferentes tablas comparativas, para tener una idea más clara y precisa al momento de saber cuál es la mejor opción tomando en cuenta algunos parámetros.

3.2.1. Controladores programables

El mercado ofrece múltiples posibilidades para seleccionar y adquirir un controlador programable. La mayoría de ellas tiene un sistema de soporte bastante desarrollado, sin embargo algunas opciones resaltan más que otras. A continuación la Tabla No. 3, compara las tarjetas más utilizadas por los diseñadores de sistemas de control.

Tabla No. 3.

Comparación de los Controladores Programables



Modelo	Mega 2560 ADK	SIMATIC S7-CPU 226	PIC16F877A
Oscilador	16MHz	0.22us/operación	0 - 20MHz
Memoria Flash	256 KB	8 KB	8 KB
SRAM	8 KB	1 MB	cuatro bancos de memoria de 128 Bytes cada uno
Dimensión	Mediana	Grande	Pequeña
Voltaje de Trabajo	7V - 20V	24V	2 - 5,5V
Pines Digitales I/O	54	24ED/16SD	24
Pines Análogos	16	Depende del Módulo Analógico	8
Temperatura Funcionamiento	de -40 – 80°C	0 - 40°C	-40 – 125°C
Interfaz Programación	de Arduino	MircoWin	- MicroBasic - MicroC
Trabajo comunicaciones inalámbricas	con ✓	✓	✓
Disponible en el mercado (Ecuador)	✓	✓	✓
Costo (Ecuador)	\$60	\$800	\$10

a. Selección del microcontrolador

Tratándose de una competencia se requiere utilizar un controlador programable robusto que soporte las diferentes condiciones que aparezca

durante la carrera, por lo que el PLC es la mejor opción, pero, debido a su alto costo no es asequible, por lo que, analizando toda las características se ha seleccionado la tarjeta Arduino Mega 2560. Ya que sus características son superiores a las del PIC18F877A permitiendo una tasa de transferencia mayor, no tiene necesidad de instalar drivers para Linux o Macintosh, ofrece un entorno de desarrollo integrado sumamente versátil y sencillo, facilitando el desarrollo del proyecto.

A más de eso hay muchos tutoriales que permiten al equipo buscar ejemplos que sirvan de guía en la instalación del sistema telemétrico para la tricicleta solar.

Permite ubicar en el mercado múltiples opciones de módulos de adaptación de sensores para cumplir con las especificaciones de entrada de la tarjeta. En este sentido, dispone de una poderosa librería para ubicar el componente o sensor que se quiera acoplar a ella.

Y por último Arduino permite el acoplamiento a la tarjeta de “Shields”, los cuáles cumplen funciones específicas como Ethernet, Wi-fi, GSM. Además la tarjeta es compatible con populares periféricos como Xbee, dispositivos Sparkfun, SD-Card, etc. Y el precio es bastante accesible.

3.2.2. Sensores de velocidad

Las competencia pide que la tricicleta vaya a una velocidad mínima de 30km/h, por tal razón, hay la obligación de seleccionar un sensor que permita interpretar esta variable, por eso en la Tabla No. 4 ofrece un cuadro que compara las diferentes características de algunos sensores de velocidad.

Tabla No. 4.

Comparación de los sensores de la variable de velocidad.



Modelo	Módulo Arduino Efecto Hall	Sensor por contacto magnético	Sensor Modelo GEL 2472
Tipo de Salida	Digital	Analógica	Digital
Voltaje de Trabajo	5-15V	Necesita etapa de acondicionamiento de 5V	9 - 36V
Corriente Colector Abierto/cerrado	25mA	25mA	6mA
Temperatura de Operación	-40 °C hasta 100 °C	9 °C hasta 50 °C	-40 °C hasta +120 °C
Acondicionamiento	x	✓	✓
Dimensión	Pequeña	Pequeña	Pequeña
Disponible en el mercado (Ecuador)	✓	✓	x
Costo	\$15	\$25	\$25

a. Selección del sensor de velocidad

El sensor por contacto magnéticos es comúnmente utilizado por las bicicletas pero tiene incorporado una serie de circuitería que permite una mejor lectura de los pulsos, por lo que, sin esta etapa la señal recibida sería inestable y con mucho ruido, mientras que el sensor Modelo GEL 2472 es difícil de hallar en el mercado de Ecuador, por lo que, el sensor de efecto hall Arduino es la mejor opción de todos los componentes comparados ya que puede ser usado como simple interruptor magnético teniendo dos estados, estado abierto o cerrado que se acciona por la lejanía o cercanía de un punto magnético o metálico, es descrito como óptimo para ese uso por las hojas técnicas consultadas, por su pequeño tamaño, bajo consumo de potencia, y su empaque altamente resistente. Es además la opción más económica.

3.2.3. Sensores de corriente

Se distinguen dos tipos principales: los invasivos y los no invasivos, este sensor de corriente no invasivo (también conocido como un "transformador de corriente de núcleo dividido") puede sujetarse alrededor de la línea de alimentación de una carga eléctrica para saber cuánta corriente es la que pasa a través de él. Para ello, este actúa como un inductor y responde al campo magnético alrededor de un conductor que conduce corriente. Al leer la cantidad de corriente producida por la bobina, se puede calcular la cantidad de corriente que pasa a través del conductor, este tipo de sensor por lo general solo mide corrientes alternas y no corrientes directas. (PID Electronics, 2015)

Mientras que los invasivos son aquellos que requieren que se interrumpa la línea de paso de corriente para instalarlo en serie a la carga y así calcular el valor de la corriente que está pasando por el transductor estos por lo general pueden medir corrientes AC y DC, por lo que en la Tabla No. 5 se hace referencia a estos últimos sensores comparando las características principales y los que estén disponibles en el mercado:

Tabla No. 5.

Comparación de los sensores de Corriente



Modelo	Modulo ACS 712	Sensor de corriente modelo SCT 013-000
Tipo de Salida	Digital	Digital
Voltaje de Trabajo	5V	5V
Tipo de Señales	AC/DC	AC
Rango de Lectura	0 - 20A	0 - 100A
Sensibilidad	66mV/A	
Temperatura de Operación	-40°C hasta 85°C	-25°C hasta 70°C

CONTINÚA →

Modelo	Modulo ACS 712	Sensor de corriente modelo SCT 013-000
Invasivo	✓	x
Acondicionamiento	✓	x
Dimensión	pequeña	Pequeña
Costo	\$12	\$25

a. Selección del sensor de corriente

Debido a que el Sensor de corriente modelo SCT 013-000 solo puede leer corrientes alternas, se ha seleccionado el sensor ACS712 por las siguientes características: muestra estabilidad superior a las temperaturas en su uso, alto rango de la lectura de corriente, su pequeño tamaño y resistente encapsulado. También cuenta con módulos accesibles en el mercado ecuatoriano a bajo precio, y por ser de la marca de Arduino su acoplamiento a la tarjeta Arduino resulta ser más sencillo.

3.2.4. Sensores de temperatura

Un comportamiento típico de todos los dispositivos basados en semiconductores es que mientras la temperatura de una célula solar aumenta, su tensión disminuye. Cuanto menor sea la tensión, menor es la energía producida por la celda solar, produciendo que el tiempo de carga de las baterías sea mayor a lo esperado, por lo que, es importante entonces asegurar que las celdas operen en el punto de máxima potencia con el voltaje de batería que se necesita y a la temperatura de la celda que se tenga en el lugar.

Teniendo en cuenta que la competencia se lo realiza en la zona más árida del mundo es necesario saber cuánta temperatura reciben las celdas fotovoltaicas, en la Tabla No. 6 que sigue a continuación se comparan los diferentes sensores de temperatura más usados para medir esta magnitud.

Tabla No. 6.

Comparación de sensores de Temperatura



Modelo	LM35	RTD Pt100	DHT11
Tipo de Salida	Analógico	Analógico	Digital
Voltaje de Trabajo	5V	5V	5V
Rango de Lectura	-55°C hasta 150°C	0 hasta 400°C	0 hasta 50°C
Velocidad de respuesta	Rápida	Lenta	Rápida
Exactitud	0.5°C	0.5°C	+2°C
Lineal	✓	✓	✓
Acondicionamiento	✓	✓	x
Dimensión	pequeña	Pequeña	Pequeña
Costo	\$2	\$25	\$10

a. Selección del sensor de temperatura

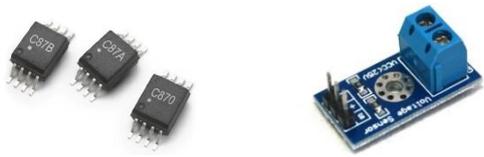
La competencia exige un gran esfuerzo a todos los dispositivos, el LM35 es propenso al ruido y es necesario, amplificar la señal de salida de esto dependiendo del voltaje de referencia, puede provocar un error en la medida. La RTD también requiere de una etapa de acondicionamiento y tiene una velocidad de respuesta lenta, por lo que, mientras que el sensor DHT11 tiene la salida digital y es popularmente utilizado para ser acoplado a una tarjeta Arduino, de allí su principal ventaja, aparte de ser económico, fácil de ubicar en Ecuador, de salida digital, aunque presenta la desventaja de que sólo permite leer números enteros. Posee una librería que ayuda al usuario a obtener los datos que arroja.

3.2.5. Sensores de voltaje

Es importante saber el estado de las baterías ya que, existen tramos en las que la tracción humana cambia y empieza a funcionar el motor, por lo que saber que batería está en posibilidades de entregar energía eléctrica se ganaría tiempo en hacer el cambio de estado y también hay que saber cuál es el consumo que está realizando, para tomar acciones con respecto a la

carga y descarga de la misma, en la Tabla No. 7 hay algunos sensores que permitirán realizar esta función.

Tabla No. 7.
Comparación de los sensores de Voltaje



Modelo	ACPL-C87B	Sensor Voltaje Arduino
Tipo de Salida	Digital	Digital
Voltaje de Trabajo	5.5V	5V
Tipo de señales	AC/DC	AC/DC
Rango de Lectura	10V hasta 150V	0 hasta 25V
Exactitud	0.5V	0.5V
Lineal	✓	✓
Acondicionamiento	✓	x
Dimensión	Pequeña	mediana
Disponible en el mercado (Ecuador)	x	✓
Costo	\$30	\$16

a. Diseño del sensor de voltaje

Debido sencillez ya que es un simple divisor de tensión, se tomó la decisión de diseñar nuestro propio sensor. La idea es dividir los valores de una fuente de voltaje entre varias impedancias dispuestas en serie. En el caso de la Tricicleta Solar, por manejar sólo corriente continua, dichas impedancias son puramente resistivas.

Se diseñó el divisor de tensión considerando el voltaje total que nos da el arreglo de las celdas que es de 66V pero el diseño se realizó para 67V con la condición de que a la placa de Arduino no entre más de 5V, con esto, teniendo el voltaje máximo de las celdas y asumiendo que la corriente que va a consumir el circuito es de 1mA nos da que la resistencia equivalente del circuito es de 67KΩ esto lo muestra la Figura No. 24.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{67V}{1mA} = 67K\Omega$$

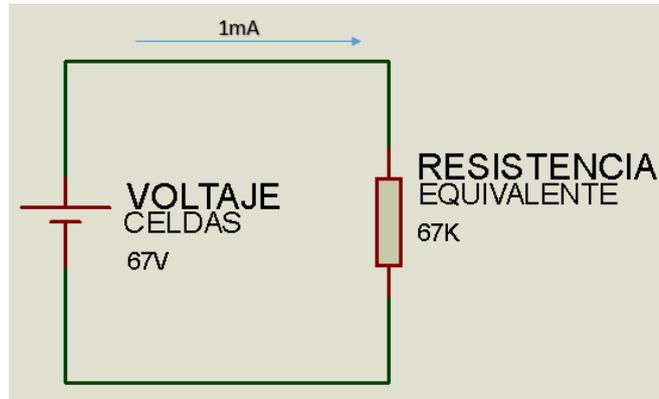


Figura No. 24. Diseño del Divisor de Voltaje

Es necesario que a los pines de entrada del Arduino ingrese solo 5V y considerando que la corriente es la misma en serie tenemos lo siguiente:

$$R2 = \frac{V}{I} = \frac{5V}{1mA} = 5K\Omega$$

Pero como en el mercado no existe esta resistencia se aproxima.

$$R2 \approx 5.1K\Omega$$

Restando la diferencia conseguimos la otra resistencia.

$$R1 + R2 = 67K\Omega$$

$$R1 = 67K\Omega - R2$$

$$R1 = 67K\Omega - 5.1K\Omega$$

$$R1 = 61.9K\Omega$$

$$R1 \approx 62K\Omega$$

La Figura No. 25 muestra la configuración general para divisores de voltaje con los criterios señalados.

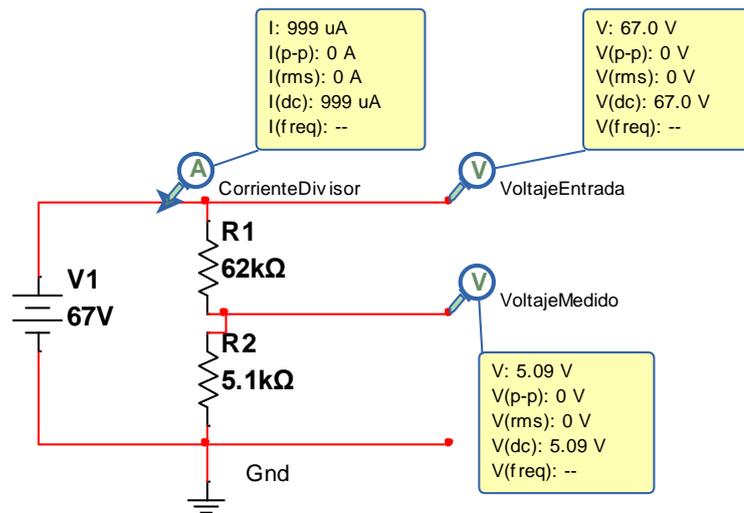


Figura No. 25. Diseño del Divisor de Voltaje

3.2.6. Comunicación inalámbrica

Dentro de la competencia el monitoreo de variables deben ser con dispositivos informáticos comunicados entre sí mediante soluciones que no requieran el uso de cables de interconexión. Este sistema debe ser robusto y colocado de tal manera no haya cables que se enreden, ni que entorpezcan la transitabilidad o que molesten estéticamente, por lo que, no se utilizara los medios guiados, ya que pueden surgir varios eventos inesperados dentro de la carrera donde la red cableada puede llegar a quedar inutilizada, mientras que una red inalámbrica puede aguantar mejor, en este tipo de percances inesperados.

A continuación en la Tabla No. 8 se hace una breve comparativa de las diferentes tecnologías capaces soportar y solucionar lo anteriormente mencionado.

Tabla No. 8.

Características de los medios de comunicación inalámbricos

					
Tecnología	NFC	RFID	Bluetooth	Zigbee	Wi-fi
Network	PAN	PAN	PAN	LAN	LAN
Topología	P2P	P2P	P2P	Malla, estrella, árbol.	Estrella
Consumo energético	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Medio
Velocidad	400 Kbs	400 Kbs	700 Kbs	250Kbs	11 – 100 Mbs
Distancia	< 10 cm	< 3 m	< 30 m	10 – 300 m	4 – 20 m
Aplicaciones	Trazabilidad	Trazabilidad	Domótica	Sensores Industriales	Internet
Disponible en el mercado (Ecuador)	x	x	✓	✓	✓
Costo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio

Una vez comparado las diferentes tecnologías, hay ventajas que demuestran que las mejores opciones para trabajar son el bluetooth, tecnología ampliamente usada, especialmente en equipos móviles pudiéndose conectar con varios dispositivos entre sí, incluso si no son del mismo modelo. También la tecnología Zigbee es ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto, permitiendo la interacción con otros protocolos y sistemas, ofreciendo más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño.

Dicho esto procederá a indagar el mercado ecuatoriano para encontrar módulos que ayuden a desarrollar el proyecto de tesis.

a. Zigbee

La selección del módulo de comunicación inalámbrica debe asegurar que la misma cumpla con los requerimientos necesarios mínimos para evitar cualquier funcionamiento defectuoso en la transmisión de datos de manera inalámbrica. Por ello primero que nada la Tabla No. 9 compara algunos artefactos de uso extendido y cotidiano que cumplen con dichos

requerimientos.

Tabla No. 9.
Comparación de las antenas WiFi



Modelo	Xbee S1	Xbee S2C	módulo nrf24l01
Tipo de Salida	Digital	Digital	Digital
Voltaje de Trabajo	3.6V	2.7 V a 3,6 V	3 V a 3.6 V
Corriente de Transmisión	35 mA	120 mA	115 mA
Corriente de Recepción	38 mA	31 mA	45 mA
Potencia de Salida	1 mW	63 mW	79 mW
Rango de Alcance	100 m	2 millas	1000 m
Sensibilidad	-96 dBm	-101 dBm	-104 dBm
Rango de Frecuencias	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4GHz ~ 2.5GHz
Dimensión	pequeña	pequeña	pequeña
Temperatura de operación	-40 °C a 80 °C	-40 °C a 80 °C	-40 °C a 80 °C
Disponible en el mercado (Ecuador)	✓	✓	✓
Costo	\$15	\$60	\$34

a1. Selección del módulo de comunicación

El XBee S1 es pequeño comparado con los demás, también ofrece un menor consumo de energía al transmitir y recibir datos, por lo que es la mejor alternativa debido a que estos módulos trabajan tan bien como los de la Serie Pro, pero sin todo el trabajo de pre-configuración previo para la interconexión inalámbrica entre el controlador y otros dispositivos, permitiendo el tráfico de una gran cantidad de datos.

Por otra parte ofrece la mejor relación costo-desempeño. Adicional a esto, el equipo dispone de un software de libre descarga que permite configurar la tarjeta Xbee. Este software es el XCTU cuyas características son las siguientes:

- Multiplataforma. Compatible con Windows, Macintosh y Linux
- Posee un excelente ambiente gráfico GUI (Graphical User Interface) que se puede observar en la Figura No. 26.

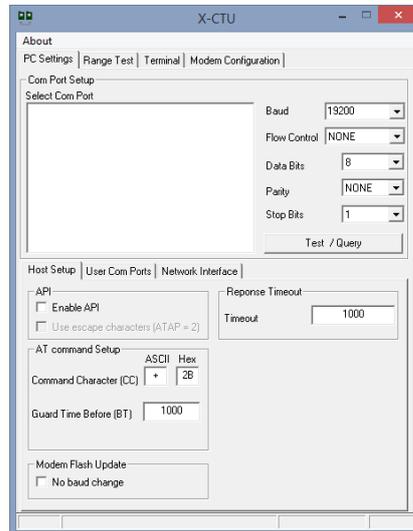


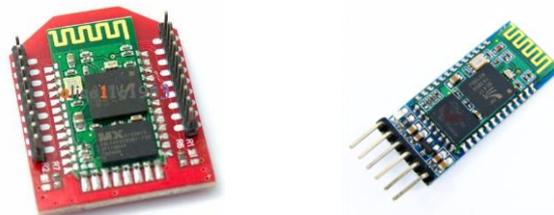
Figura No. 26. Software XCTU

b. Bluetooth

Es necesario encontrar un dispositivo bluetooth capaz de transferir datos en forma segura, fácil de entender y que sea robusto para cubrir la necesidad de enviar los datos censados de la tricicleta a un dispositivo móvil para que el piloto pueda visualizarlos y tomar acciones en caso de ser necesario, a continuación en la Tabla No. 10 se compara los diversos dispositivos que ofrecen estas características y algunas más.

Tabla No. 10.

Comparación de los dispositivos Bluetooth



Modelo	HC-06	HC-05
Tipo de Salida	Digital	Digital
Voltaje de Trabajo	3.3V	3.6 V a 6 V
Consumo de corriente	30 mA a 40 mA	25 mA
Potencia de Salida	4 mW	3 mW
Rango de Alcance	10 m	10 m
Rango de Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz
Sensibilidad	-84 dBm	-84 dBm
Dimensión	pequeña	pequeña
Temperatura de operación	-20 °C a 70 °C	-20 °C a 70 °C
Seguridad	Autenticación y encriptación	Autenticación y encriptación
Disponible en el mercado (Ecuador)	✓	✓
Costo	\$23	\$14

b1. Selección del dispositivo bluetooth

Teniendo en cuenta que al seleccionar un microcontrolador de Arduino, el trabajar con el bluetooth de la misma marca es mucho mejor ya que facilitara la comunicación entre dispositivos, por lo que procedemos a seleccionar al módulo Bluetooth Arduino HC-05, principalmente por ser la mejor relación precio-características, su disponibilidad en el mercado y su compatibilidad con el microcontrolador seleccionado que permite configurarlo cómodamente, utilizando numerosos soportes digital en forma de documentos PDF fácil de ubicar y descargar del internet.

3.2.7. Lenguajes de programación para la interfaz de usuario

Por la facilidad que ofrecen utilizaremos lenguajes de programación visuales que están basados en objetos, posee en una serie de librerías para ser utilizados cuando sea necesario, ahorrando el trabajo de tener que volver

a programarlos, su forma de programar es diferente al de los lenguajes clásicos, son lenguajes intuitivos y fáciles de utilizar, y sustituyen las tediosas líneas de código, por sencillas y directas representaciones gráficas.

a. Lenguajes de programación para el computador

Unas de las reglas de la competencia es que durante la carrera, un vehículo escolta principal es el encargado de verificar el buen funcionamiento de la tricicleta y ser capaz de brindarle asistencia en caso de cualquier eventualidad, por esta razón necesitamos visualizar todo lo que pase con la tricicleta solar a una distancia considerable por ello a continuación la Tabla No. 11 tenemos un breve análisis de los mejores lenguajes de programación para la interfaz de usuario en el computador.

Tabla No. 11.

Lenguajes de programación para la interfaz de usuario en el computador.

			
Nombre	LABVIEW	MATLAB	VISUAL BASIC
Versión	12	12	6.0
Capacidad de realizar interfaz de usuario	✓	✓	✓
Lenguaje de Programación	Visual	Visual	Visual
Sistema Operativo	Windows/Mac/Linux	Windows/Mac/Linux	Windows
Simulación	✓	✓	✓
Versión Free	30 días	30 días	✓
Interfaz de comunicación serial	✓	✓	✓
Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones	✓	✓	✓
Precio	1000	625	-

b. Selección del lenguaje de programación para el computador

Por las experiencias obtenidas en el desarrollo de la interfaz de usuario se ha seleccionado el software de Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) que tiene un enfoque moderno para diseñar, generar prototipos y desplegar sistemas embebidos desarrollando aplicaciones de pruebas, control y medidas, por ser un lenguaje de programación permite la simulación de sistemas haciendo uso de una amplia gama de herramientas, también tenemos de una amplia gama de ayuda como son la biblioteca de componentes, videos tutoriales, manuales y ejemplos de uso en internet con estas potentes herramientas, se realizara procesamiento de señales avanzado para conseguir nuestro objetivo. Esta interface permitirá al equipo diseñador visualizar y registrar los datos que provienen de los sensores instalados en la tricicleta solar.

c. Lenguajes de programación para la Tablet

El piloto siempre debe visualizar el estado de las variables físicas dentro de la tricicleta para ello necesitamos un elemento que consiga este objetivo, por tal razón se dice que la mejor opción es trabajar con una Tablet que tenga comunicación inalámbrica sea esta bluetooth o wifi, de altas prestaciones en RAM y que sea económica, por tal razón a continuación en la Tabla No. 12 se hace un breve análisis de las características de dos de las mejores marcas en el mercado.

Tabla No. 12.

Características de las pantallas táctiles.



Modelo	Samsung Galaxy tab 2	Apple Ipad Air 2
Procesador	Dual Core 1Ghz	Apple A8X dual-core 1.3GHz, GPU PowerVR G6430
Sistema Operativo	Android 4.0 (Ice Cream Sandwich)	iOS 8.1
Pantalla	7" Multi-Touch	9.4" Multi-Touch
Batería	Li-Ion 4.000 mAh	Li-Po 8600 mAh
RAM	1GB DDR3	1GB
Versión Bluetooth	BT v3.0	BT v4.0
USB	Micro USB 2.0	Micro USB 2.0
Peso	344 g	437 g
Costo	\$230	\$700

Analizando detenidamente las características expuestas, se dice que la Apple Ipad Air es mucho mejor que la Samsung Galaxy Tab2, pero, debido a que la competencia hace énfasis en que el costo total de la tricicleta debe ser lo más bajo que sea posible, se ha tomado la decisión de trabajar con la primera opción.

Después de la selección de la Tablet y a sabiendas que tiene el sistema operativo de Android es importante seleccionar el lenguaje de programación visual capaz de desarrollar aplicaciones, eso lo muestra la Tabla No. 13 donde tenemos un breve análisis.

Tabla No. 13.

Lenguajes de programación para Android.

			
Modelo	App Inventor	Netbeans	Eclipse
Versión	App inventor 2	2015	4.5.1
Lenguaje de programación	Visual	Código	Código
Sistema Operativo	Android	Android	Android
Simulación	x	x	x
Versión Free	✓	✓	✓
Precio	Gratuito	Gratuito	Gratuito

d. Selección del lenguaje de programación para la Tablet

El software que será utilizado para monitorear los datos emitidos por el sistema telemétrico, será el Google App Inventor, por ser un software alojado en la nube bajo la modalidad de servicio PaaS (Plataform as a Service) que permitiendo desarrollar aplicaciones de alta complejidad, utilizando la enorme gama de herramientas que Google provee, además de que dichas aplicaciones se integran automáticamente a todo los servicios del mismo. Es decir, se convierte en una herramienta alternativa para la implementación de la interfaz de usuario que necesitamos.

Sin embargo es importante recalcar que las aplicaciones diseñadas en Google App Inventor están limitadas por la simplicidad: cubren un importante número de necesidades básicas de los dispositivos móviles.

3.3. Diagrama de bloques del sistema

El diagrama de bloques que se presenta a continuación en la Figura No. 27, detalla los elementos más importantes que constituyen el Sistema de Telemetría que se utiliza en la Tricicleta alimentada por energía solar.

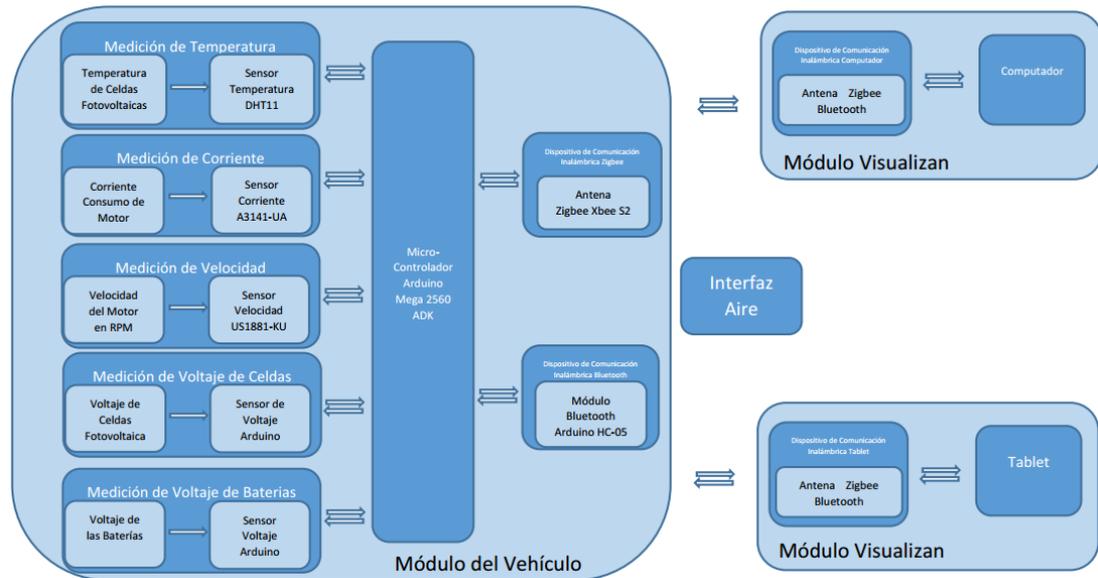


Figura No. 27. Diagrama de Bloques del Sistema telemétrico

3.3.1. Descripción del diagrama de bloques y su funcionamiento

El diagrama de bloques describe el funcionamiento general del Sistema Telemétrico, en donde se observa la función de cada sensor, de la comunicación inalámbrica con el microcontrolador y la interfaz con la computadora y la Tablet.

El Modulo del Vehículo está diseñado para realizar las siguientes tareas:

- Medir la temperatura de las Celdas Fotovoltaicas que recargan las baterías.
- Obtener la medida de la corriente que consume el motor.
- Tomar medidas de las revoluciones por minuto que tiene el motor en cada momento.
- Dar los valores del voltaje que están generando las Celdas Fotovoltaicas.
- Medir el voltaje de la Batería Principal y de la Batería Secundaria.

Para realizar todas las tareas anteriormente descritas, el diseño se basa en el Microcontrolador Arduino Mega 2560 ADK, el cual permite adquirir los

datos que entregan los sensores en tiempo real y puede realizar la transmisión de los datos a través de los Dispositivos de Comunicación Inalámbrica incluidos en este módulo. Luego de realizar la transmisión de los datos, son recibidos por la Computadora que se encarga de visualizar los datos en un programa gráfico realizado en Labview que muestra todo el proceso y lo mismo pasa con la visualización en la Tablet que fue programada con App Inventor.

A continuación se realiza la descripción de los elementos que constituyen el Sistema Telemétrico según el orden en el diagrama.

- a. **Medición de Temperatura de Celdas Fotovoltaicas.** La medida de la temperatura se la realiza con la ayuda del Sensor de Temperatura DHT11, ya seleccionado anteriormente. El sensor está ubicado en las celdas fotovoltaicas para determinar la temperatura del funcionamiento del grupo de generación de energía eléctrica.
- b. **Medición de Corriente del Motor.** La medida de la corriente eléctrica que consume el motor cuando está funcionando se la realiza con la ayuda del Sensor de Corriente ACS712. Este sensor está ubicado en el cable de alimentación positiva del motor para poder determinar el consumo en tiempo real de la corriente del motor.
- c. **Medición de la Velocidad de la tricicleta.** La medida de la velocidad del motor cuando está funcionando se la realiza con la ayuda del Sensor de Velocidad de efecto Hall de Arduino. Este sensor está ubicado cerca del eje del motor para poder determinar el número de revoluciones por minuto que da el eje en tiempo real para poder calcular la velocidad con que viaja la tricicleta.
- d. **Medición de Voltaje de Celdas Fotovoltaicas y de las Baterías.** La medida del voltaje de las Celdas Fotovoltaicas y de las Baterías del vehículo cuando está funcionando se la realiza con la ayuda de un simple divisor de tensión, cuya descripción se realiza más adelante. Este sensor está conectado en los terminales eléctricos positivo y negativo de los

dispositivos para poder determinar el voltaje generado por las celdas, así como determinar el voltaje de consumo o carga de las baterías principal y secundaria de la tricicleta.

En este proyecto, el Divisor de Voltaje $R1= 62K$ y $R2=5.1K$ visto en la Figura No. 25, se lo utiliza para determinar el voltaje que generan las Celdas Fotovoltaicas así como el voltaje de las Baterías principal y Secundaria, con el objetivo de optimizar la utilización y vida útil de las mismas. La salida del sensor es un valor proporcional del voltaje medido, el mismo que tiene una relación de 67:5 del voltaje medido, este voltaje es compatible con Lógica Análoga. Este sensor se comunica con Microcontrolador Arduino Mega 2560 ADK, el cual se encarga de transmitir los datos recibidos hacia los dispositivos de visualización tanto la Computadora como la Tablet.

- e. **Microcontrolador Arduino Mega 2560 ADK.** El microcontrolador se lo utiliza para recibir, calcular y transmitir los datos de los sensores de corriente, velocidad, voltaje y temperatura que se tienen en el sistema. Las características y descripción de la tarjeta se realiza a continuación. A la placa Arduino Mega 2560 ADK están conectados todos los sensores de corriente, voltaje, velocidad y temperatura anteriormente analizados, todos están conectados a las entradas digitales y análogas de la placa. Esta placa con los datos recibidos, utiliza el microcontrolador que se encarga de acondicionarlos, organizarlos y transmitirlos hacia los dispositivos de visualización y control (Computadora, Tablet), la transmisión de los datos se realiza por medio de los dispositivos de comunicación inalámbrica que son Antena Wifi Modelo Xbee S1 y el Módulo Bluetooth Arduino HC-05, que se van a describir más adelante.
- f. **Dispositivo de Comunicación Inalámbrica Wifi Xbee S1.** Este dispositivo de comunicación utiliza comunicaciones en Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. Realiza comunicaciones a través de una única frecuencia. Estos módulos permiten una comunicación fiable y simple entre microcontroladores, ordenadores, y sistemas con un puerto

serial, tiene topologías punto a punto y redes multipunto también. Por medio de esta antena se realiza la transmisión hacia los módulos de visualización y control (Computadora y Tablet), de los datos adquiridos por los sensores y procesados y transmitidos por el microcontrolador.

g. Dispositivo de Comunicación Inalámbrica Bluetooth Arduino HC-05.

El módulo bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica para trabajar como maestro o esclavo. En el modo maestro puede conectarse con otros módulos bluetooth, mientras que en el modo esclavo queda a la escucha peticiones de conexión.

Por medio de esta antena bluetooth se realiza la transmisión hacia los módulos de visualización y control (Tablet), de los datos adquiridos por los sensores y procesados y transmitidos por el microcontrolador.

h. Módulos de Visualización. Para este proyecto, se va a usar como módulos de visualización una Computadora y una Tablet.

La computadora es el dispositivo receptor, que tiene el programa de visualización y control realizado en Labview, donde se puede observar todos los parámetros de corriente, voltaje, velocidad y temperatura, transmitidos desde la placa de adquisición de datos Arduino Mega 2560 ADK. En el computador se va procesar, adquirir los datos y visualizarlos para posterior análisis y evaluación de los resultados.

Se va a utilizar una Tablet como otro dispositivo receptor, este dispositivo tiene un programa para visualizar los datos transmitidos de corriente, voltaje, velocidad y temperatura, realizado en el lenguaje App Inventor que es una plataforma de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android.

3.4. Esquema eléctrico del sistema

El Esquema eléctrico que se detalla a continuación en la Figura No. 28, presenta los componentes eléctricos que se encuentran instalados en la Tricicleta, en este esquema se detallan las conexiones de los sensores,

actuadores, acumuladores y celdas fotovoltaicas, pudiéndose observar el funcionamiento del sistema eléctrico y los sensores en general.

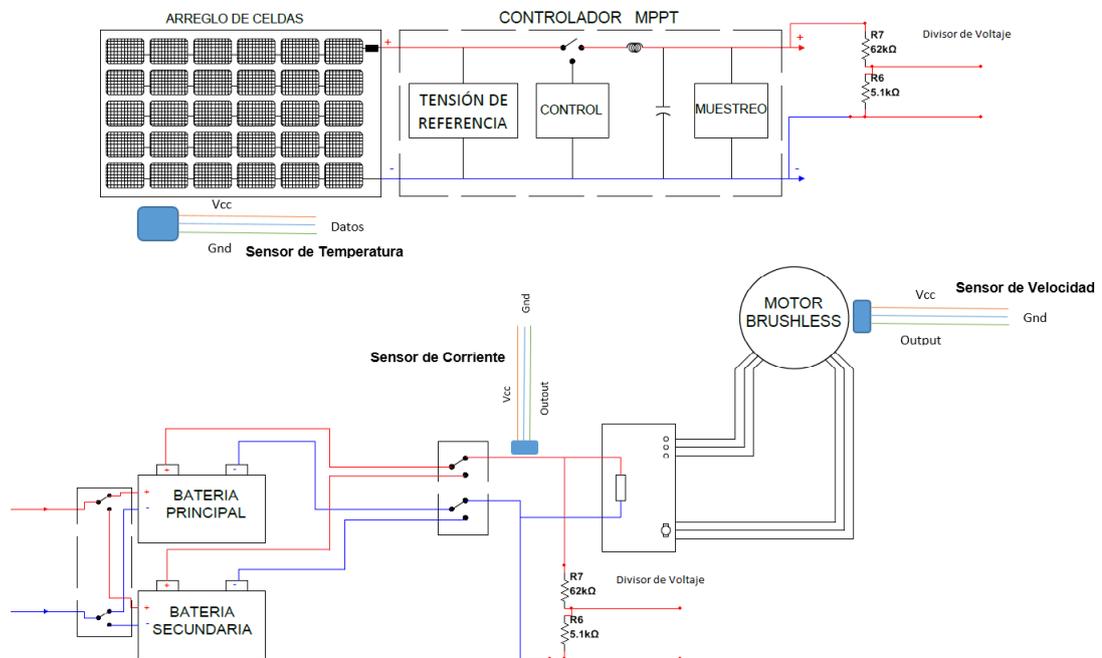


Figura No. 28. Esquema Eléctrico del Sistema.

Fuente: (Ramírez Cáceres, 2015)

3.4.1. Funcionamiento eléctrico del sistema

El sistema eléctrico del presente proyecto está basado en la generación de Energía Eléctrica por medio de Paneles solares, los paneles que se usaron son de la Fabrica Everbright Solar Cells que generan una potencia de 4.19 vatios por celda con 0.52 voltios de salida y 8.12 amperios. La Figura No. 29 muestra el arreglo de celdas dispuesto en la tricicleta, con 98 celdas conectadas, se obtiene una generación de 410 vatios de potencia.

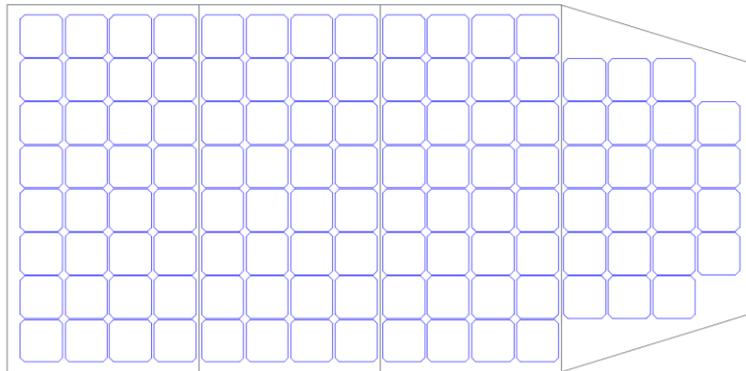


Figura No. 29. Distribución de Paneles Solares en la Tricicleta.

Fuente: (Ramírez Cáceres, 2015)

Esta potencia generada por las celdas eléctricas se la dirige hacia el Controlador MPPT de la Fabrica MorningStar Corporation, Modelo: Tristar MPPT (Figura No. 30) que es un controlador específico para manejar la generación de energía eléctrica por paneles solares.



Figura No. 30. Controlador Tristar MPPT para Paneles Solares.

Fuente: (Morningstar Corp., 2013)

Este controlador permite encontrar el punto de máxima generación que presentan los paneles solares, los MPPT siempre buscan el balance entre voltaje y corriente en el que los paneles solares operan a su máxima potencia. Si utilizamos una curva que grafica el voltaje y la corriente de un panel solar, el punto de máxima potencia se encuentra en el centro de la curva como se ilustra en la Figura No. 31. Un controlador de carga con

MPPT se va a asegurar que los paneles solares operen lo más cerca posible de este punto, incrementando por consiguiente la producción del arreglo solar.

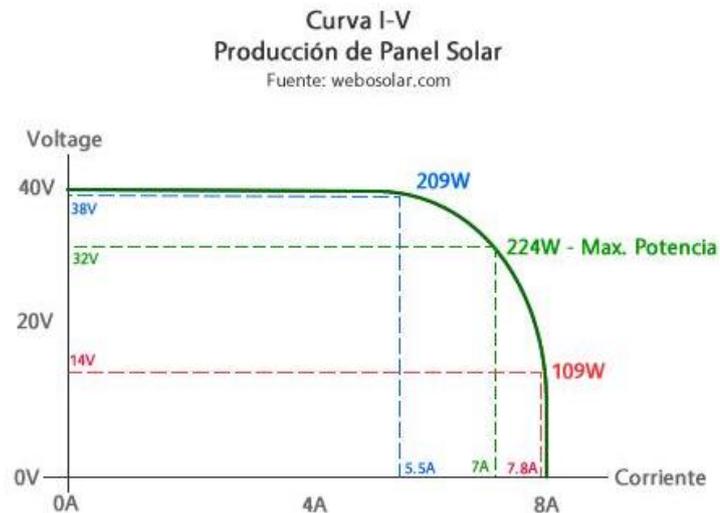


Figura No. 31. Curva de Potencia Generada por Paneles Solares

Fuente: (Eliseo Sebastian, 2011)

Al encontrar el punto de máxima potencia de generación, se está obteniendo la mayor cantidad de energía eléctrica posible que se puede almacenar y utilizar en las baterías y en los motores colocados en la Tricicleta.

La potencia generada en los paneles solares es almacenada en Baterías de la fábrica Golden Motor de China que trabajan a 48 voltios y pueden entregar 10 Ah (Figura No. 32). Son baterías construidas con Iones de Litio (Li-ion), las cuales tienen la ventaja que no tienen memoria en el proceso de carga y descarga, permitiendo que se pueda utilizar toda la carga o parte de la carga y se puede realizar una nueva carga a la batería sin que se pierda su capacidad de almacenamiento.



Figura No. 32. Baterías Golden Motor

Fuente: (Leroy Merlin, 2014)

Luego de tener la energía eléctrica almacenada en las baterías, toda la potencia entregada por las baterías se envía hacia un Controlador de Motores DC que se consiguió en la Fabrica Golden Motors de China, Modelo Magic Pie III para motores DC sin escobillas (Figura No. 33), este controlador se encarga de hacer funcionar los motores para producir el movimiento de la Tricicleta.



Figura No. 33. Controlador, Motor, Rueda Integrada Magic Pie III

Fuente: (Alibaba, 2016)

Con la implementación e integración de todos los elementos de la Tricicleta con energía solar, se ha podido construir el vehículo con un peso de 208 Kg, y se le ha provisto de una autonomía de aproximadamente una hora y media, con una velocidad de 40 Km/h, luego de lo cual, se debe realizar una parada para realizar una nueva carga de baterías, ya sea con

los paneles solares como con el cargador de baterías.

Adicionalmente se encuentran colocados los sensores que se describieron en el ítem 3.4, que sirven para determinar las magnitudes de control y supervisión de la Tricicleta.

3.5. Diagrama eléctrico del sistema telemétrico

A continuación tenemos la relación entre los diferentes componentes del esquema eléctrico, permitiendo ubicar estos componentes dentro del diseño de telemetría como son: la conexión de los sensores con el microcontrolador el que permitirá leer datos, procesarlos y enviarlos con la ayuda del módulo Xbee y HC-05 al computador y Tablet respectivamente. De esta manera se facilita el estudio, y el análisis del problema; y su posible solución.

3.5.1. Diagrama eléctrico con comunicación Zigbee

En el anexo 1 encontraremos el logaritmo del microcontrolador para realizar él envío de datos como se muestra en la Figura No. 34.

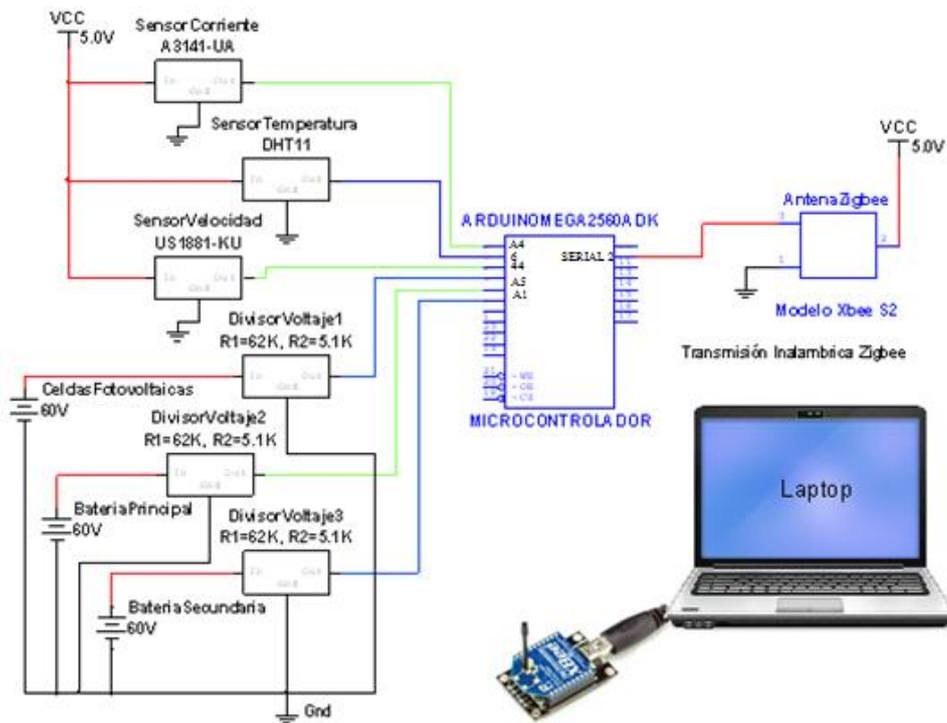


Figura No. 34. Sistema Telemétrico con comunicación para Computadora

3.5.2. Diagrama eléctrico con comunicación bluetooth

En el anexo 2 encontraremos el logaritmo del microcontrolador para realizar él envío de datos como se muestra en la Figura No. 35.

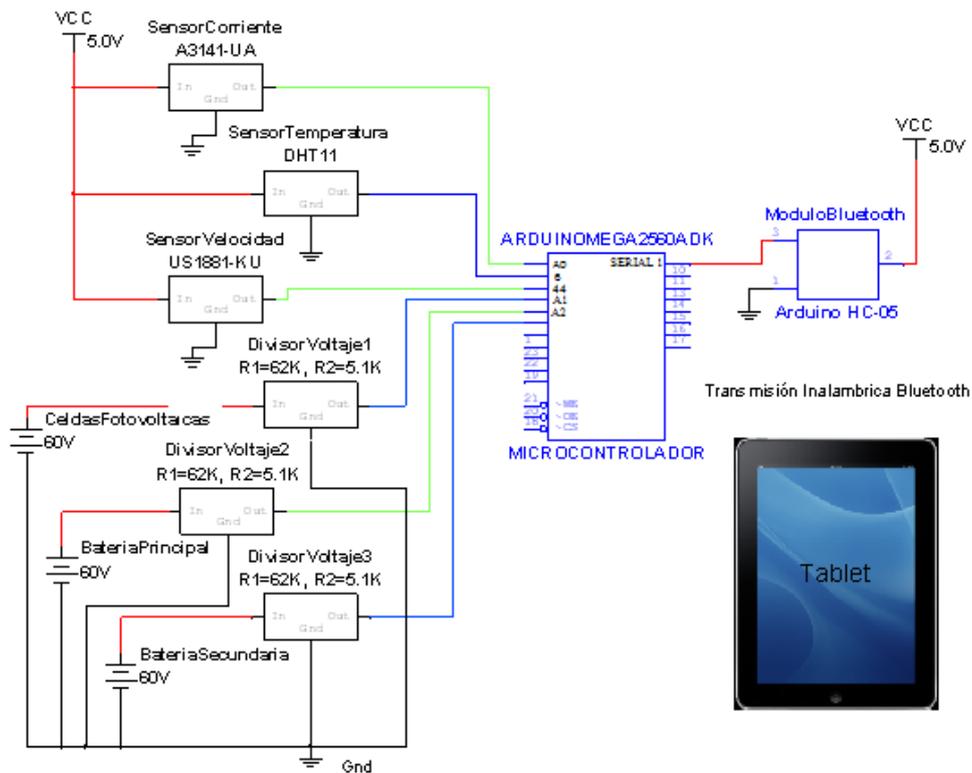


Figura No. 35. Sistema Telemtrico con comunicaci3n para Tablet.

3.6. Programa desarrollado en Labview

3.6.1. Panel frontal

Como se explic3 anteriormente, el programa desarrollado para recibir los datos generados en el vehculo se lo realiza en lenguaje Labview, por medio del mismo, los datos se los procesa, organiza y almacena para ser visualizados en el programa, lo vemos en la Figura No. 36, es la pantalla principal del sistema telemtrico para computadora del presente proyecto.



Figura No. 36. Panel Frontal del Programa Principal

El programa permite iniciar el procesamiento de los datos recibidos por medio del Botón “Adquirir ON/OFF”, de esta manera, se inicia o se deja de mostrar los datos recibidos de Voltaje de Paneles, Corriente Motor, Velocidad del Vehículo, Voltaje de las baterías y la Temperatura, en la pantalla principal también se puede seleccionar el Puerto serial que se está utilizando para realizar la comunicación.

Adicionalmente al presionar en cualquier variable obtendremos inmediatamente su diagrama histórico que expresa los cambios que se producen en los valores durante un período de tiempo.

a. Diagrama de bloques

La programación desarrollada en Labview, se detalla a continuación, donde se puede observar los bloques utilizados y también su funcionamiento más detallado.

En la Figura No. 37 se puede observar el bloque de inicio del programa mediante el recurso VISA (Arquitectura de Software de Instrumento Virtual) que permite al controlador interactuar con el dispositivo asociado a dicho recurso con los datos seriales del Sistema Telemétrico así como también el

botón switch (Adquirir ON/OFF) para empezar a adquirir datos.

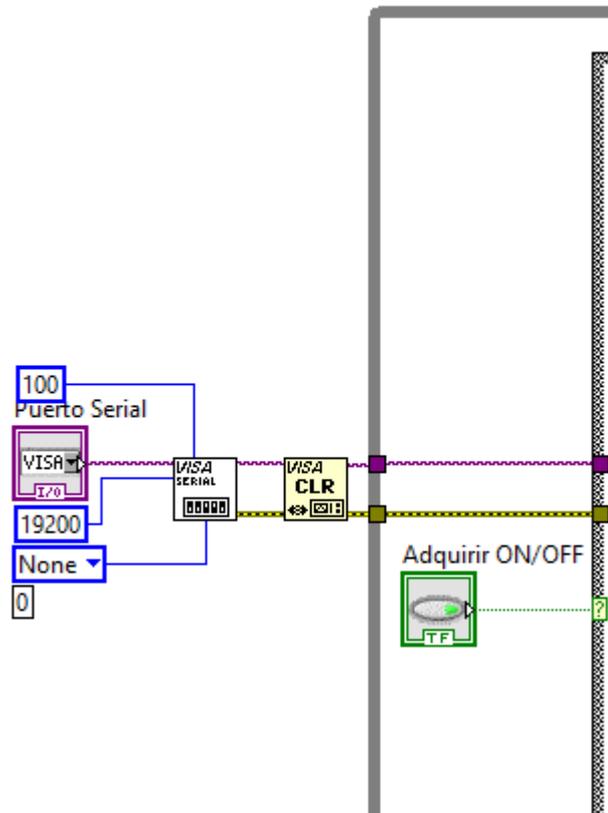


Figura No. 37. VISA Configuración del Puerto Serial

Una vez iniciada la sesión VISA se procede a configurar la escritura y lectura mediante la función Visa Write y Visa Read (Figura No. 38) para la lectura de las variables físicas, para esto enviamos la letra “D” para iniciar la sincronización con el Arduino Mega.

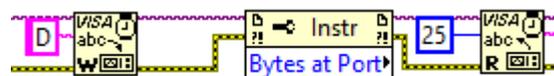


Figura No. 38. Bloque de la función para envío y recepción de datos

Una vez obtenida la trama se procede a segmentarla para esto utilizaremos el diagrama de bloques que se muestra en la Figura No. 39, Labview permite crear varios SubVIs, este método de diseño es una de las

ventajas de Labview, ya que permite realizar tareas más sencillas dentro del VI general.

El uso de subVIs para cada variable permite realizar aplicaciones fáciles de comprender, depurar y mantener.

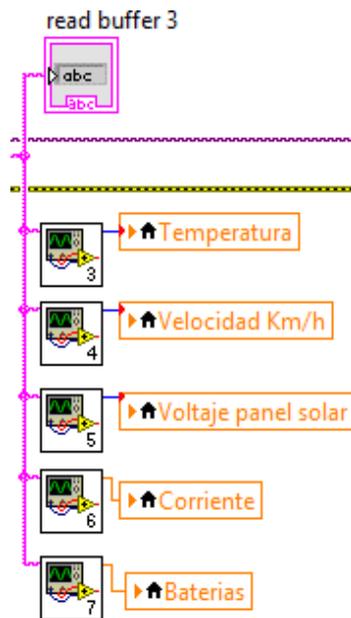


Figura No. 39. Bloques del SubVIs de las variables a censar.

La Figura No. 40 muestra el contenido del SubVI con el diagrama de bloques donde se realiza la segmentación para obtener los datos de la temperatura y se los procesa para mostrar los resultados en la pantalla principal del programa.

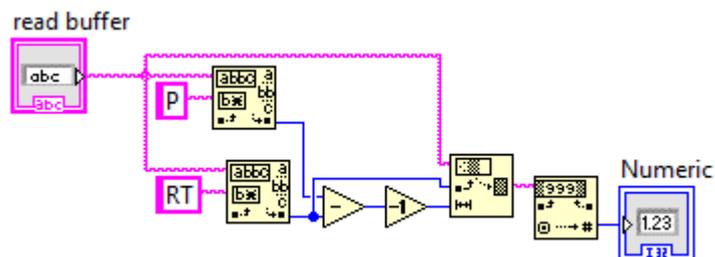


Figura No. 40. Bloque de Recepción de Datos de Temperatura.

La Figura No. 41 muestra el contenido del SubVI con el diagrama de bloques donde se realiza la segmentación para obtener los datos de frecuencia obtenidos de la velocidad de la tricicleta, seguidamente se procede a escalar para transformarla a Km/h y se los procesa para mostrar los resultados en la pantalla principal del programa.

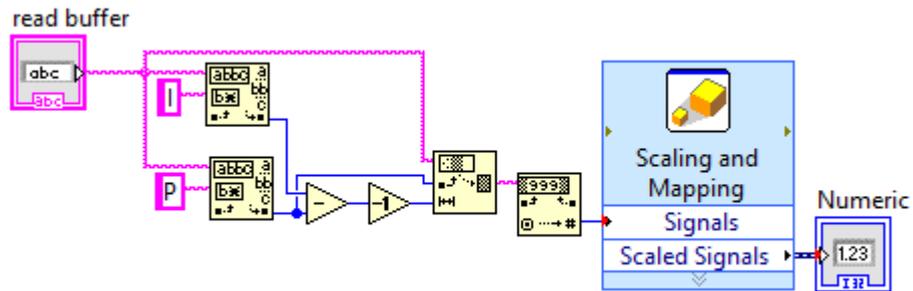


Figura No. 41. Bloque de Recepción de la velocidad.

Mediante la Ecuación No. 4 que es la fórmula de la recta se podrá hacer el escalamiento para la velocidad.

$$y = m * x + b$$

Ecuación No. 4

Dónde:

y= Velocidad del vehículo.

x=Frecuencia obtenida de la función FreqCount.

En el anexo 1 se observa que la función FreqCount permitirá saber la celeridad de la tricicleta en Hz, dicho esto se obtuvo la frecuencia de 23Hz cuando el vehículo está a máxima velocidad, una vez hecho esto al utilizar la aplicación de Apple "Velocímetro" dio la velocidad de la tricicleta aproximadamente de 32 Km/h.

Como la recta pasa por cero en los dos ejes y al reemplazar los valores en la Ecuación No. 4 tenemos:

$$y = \frac{32}{23} * x$$

Ecuación No. 5

Mediante estos datos el escalamiento a realizar lo se visualiza en la Figura No. 42.

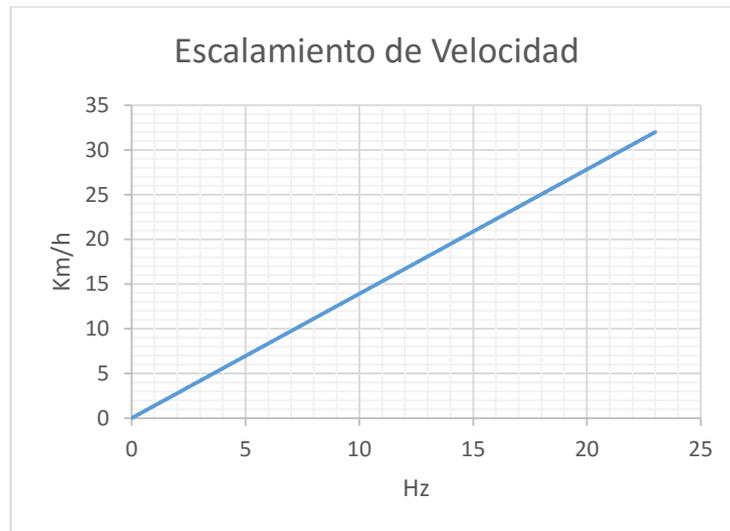


Figura No. 42. Escalamiento de la velocidad

FreqCount mide el número de ciclos que se producen durante un tiempo fijo. Esto funciona bien para frecuencias relativamente altas, debido a que muchos ciclos pueden ser contados durante el intervalo de tiempo fijo, entonces las frecuencias más bajas tienen pocos ciclos para ser contados, y por tal razón la resolución es limitada y por esto al momento de realizar varias pruebas se calibro la velocidad nominal a 40 Km/h.

Para convertir de frecuencia a Km/h se utiliza la opción "Interpolated" lo muestra la Figura No. 43 donde se pondrá los datos obtenidos, en la columna de las "X" pondremos la frecuencia, mientras que en la columna de las "Y" pondremos la velocidad obtenidos en la calibración.

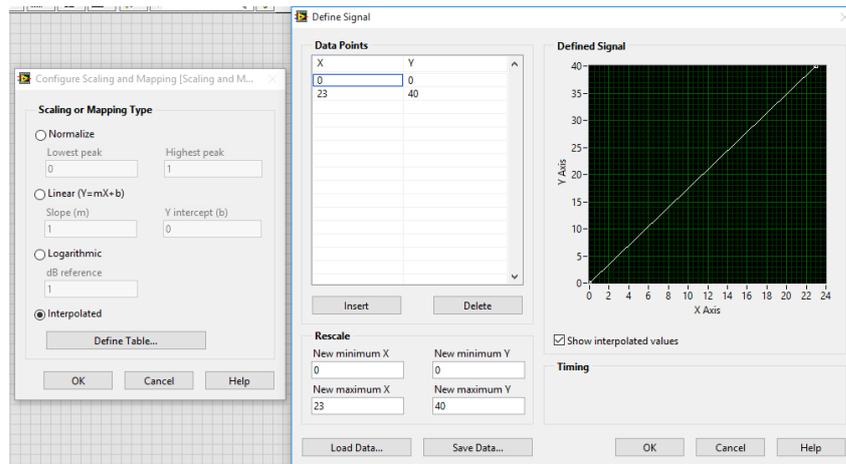


Figura No. 43. Escalamiento de la variable velocidad.

La Figura No. 44 muestra el contenido del SubVI con el diagrama de bloques donde se realiza la segmentación para obtener los datos de las baterías y se los procesa para mostrar los resultados en la pantalla principal del programa.

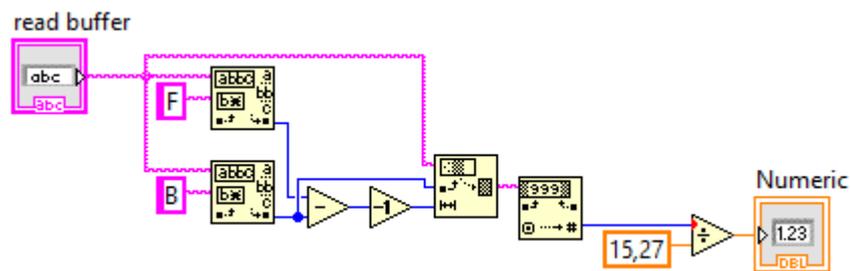


Figura No. 44. Bloque de Recepción del estado de las baterías.

De la misma manera, la Figura No. 45 muestra el contenido del SubVI con el diagrama de bloques donde se realiza la segmentación para obtener los datos de la corriente que está consumiendo el motor y se los procesa para mostrar los resultados en la pantalla principal del programa.

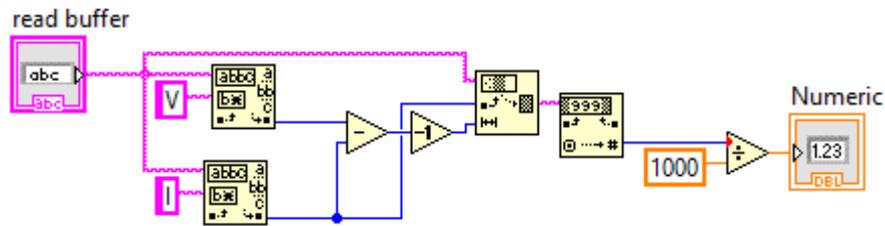


Figura No. 45. Bloque de Recepción de Datos de Corriente.

La Figura No. 46 muestra el contenido del SubVI con el diagrama de bloques donde se realiza la segmentación para obtener los datos del voltaje de las celdas que está obteniendo debido a la radiación solar y se los procesa para mostrar los resultados en la pantalla principal del programa.

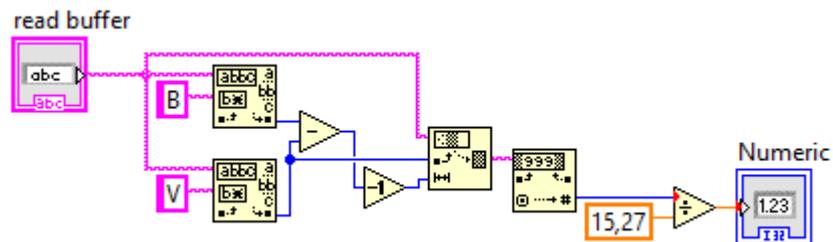


Figura No. 46. Bloque de Recepción de Datos del voltaje de las celdas.

La Figura No. 47 tenemos la sesión Visa (Visa Close) que debe ser cerrada para liberar el puerto y poderle dar otra función.

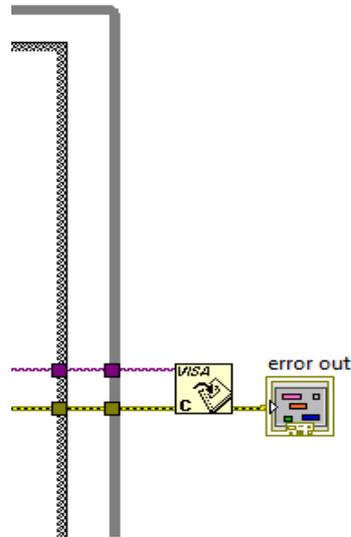


Figura No. 47. Visa Close para cerrar el puerto.

Por último la Figura No. 48 tenemos el diagrama de bloques que permitirá visualizar los datos históricos individualmente de cada variable solo dando clic en el grafico que necesitemos, inmediatamente saltara una pantalla con el comportamiento del sensor.

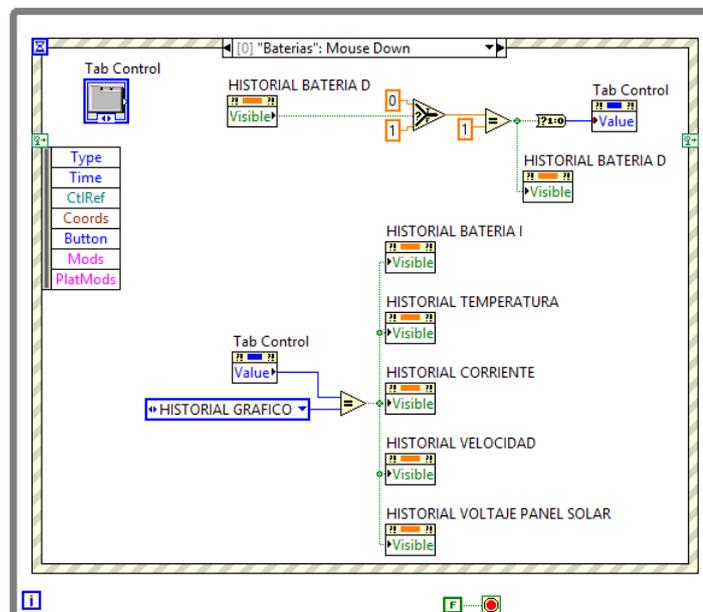


Figura No. 48. Función para visualizar los históricos de las variables.

La programación completa se puede encontrar en el Anexo 8

3.7. Programa desarrollado en Google App Inventor.

3.7.1. Panel frontal

Como se explicó anteriormente, el Programa desarrollado para recibir los datos generados en el vehículo y transmitidos hacia la Tablet se lo realiza en Lenguaje Google App Inventor, por medio del mismo, con los datos recibidos desde el vehículo, se los procesa, organiza y almacena para ser visualizados en el programa que se observa en la Figura No. 49, donde se muestra la pantalla principal del sistema telemétrico para computadora del presente proyecto.



Figura No. 49. Panel Frontal del programa de la Tablet

En este programa permite recibir los datos transmitidos y visualizarlos dentro del mismo vehículo, guardando los datos de todas las variaciones de las variables físicas para posteriormente realizar el análisis.

3.7.2. Diagrama de bloques

La Programación fue desarrollada en Lenguaje Google App inventor, y se detalla a continuación, cada uno de los bloques utilizados y su funcionamiento.

Al necesitar tener sincronizado el programa con el reloj interno de la Tablet necesitaremos una variable global esto significa que donde quiera que esté en el programa se pueda utilizar esa variable; obtener su valor actual o establecer su valor a otra cosa. Las variables globales se crean utilizando el nombre initialize global como lo vemos en la Figura No. 50.



Figura No. 50. Función Initialize Global

En la Figura No. 51 obtenemos la dirección de todos los bluetooth que pueda ser detectado, pero sin conectarnos a menos que seleccionemos aquello.



Figura No. 51. Diagrama de Bloques para obtener la dirección del bluetooth

En el siguiente diagrama de bloques (Figura No. 52) es la programación para conectarse a la dirección de bluetooth que se ha seleccionado.



Figura No. 52. Diagrama de bloques para conectarse al bluetooth elegido.

Seguidamente tenemos el programa que trabajara en sincronía con el reloj de la Tablet preguntando si el bluetooth está conectado y si es que tiene datos disponibles para ser leídos y toda la trama la guardamos en la variable label1, (Figura No. 53) caso contrario no leerá los datos provenientes de Arduino.

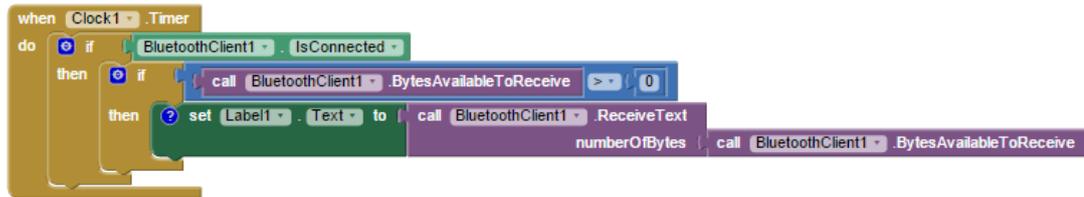


Figura No. 53. Diagrama de bloques que verifica si están disponibles los datos

En la Figura No. 54 tenemos el código que cuenta la cantidad de bytes de datos disponibles con esto verificamos si la trama llego completa y por ultimo segmentamos la trama que llega desde Arduino.

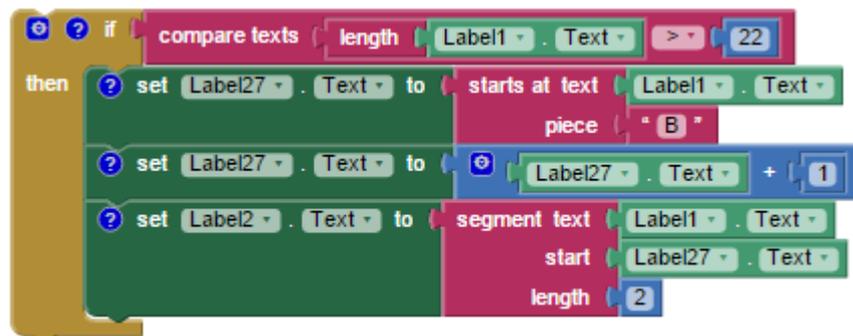


Figura No. 54. Código de segmentación de la trama recibida del Arduino Mega 2560

Por ultimo si ha cumplido todas las condiciones procede a segmentar la trama para proceder a presentar cada variable que reciba desde el Arduino

El programa de la Tablet cuenta también con un registro que va guardando cada variación de las variables físicas, esto lo muestra la Figura No. 55.

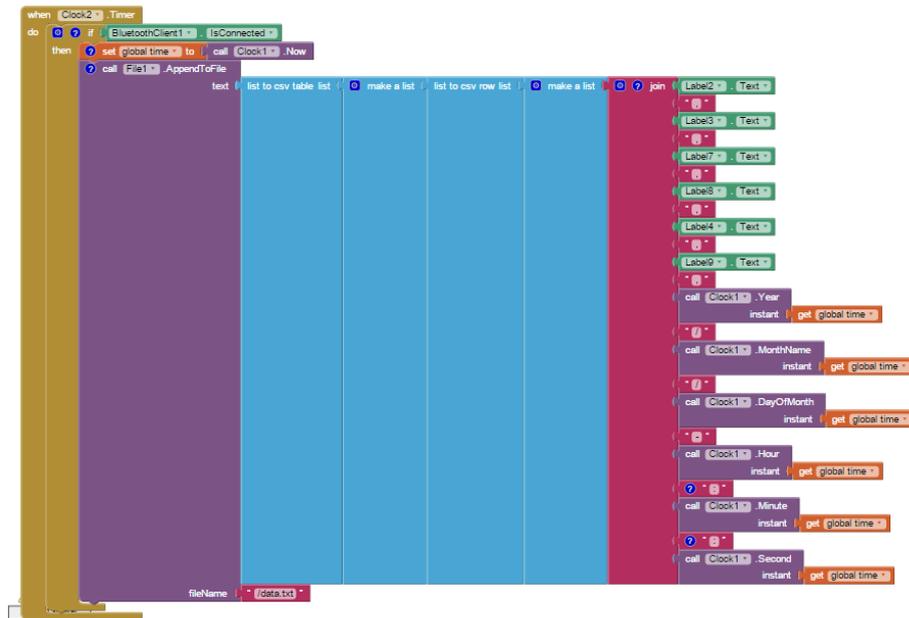


Figura No. 55. Diagrama de bloques para el registro de datos.

En la Figura No. 56 tenemos la acción de desconectar el bluetooth

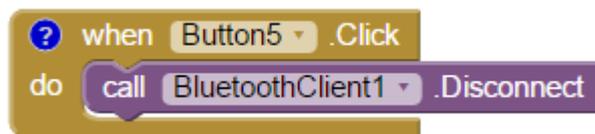


Figura No. 56. Diagrama de Bloques para Desconectar el Bluetooth

Y por último tenemos la acción de cerrar la aplicación (Figura No. 57), pero primero se desconecta el bluetooth y después se cierra la aplicación.



Figura No. 57. Diagrama de Bloques para cerrar la Aplicación.

La programación completa se puede encontrar en el anexo 9.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADO

En el presente capítulo se presentarán los resultados de las pruebas de funcionamiento del diseñado del sistema telemétrico. Las pruebas consisten en evaluar el funcionamiento de cada uno de los bloques que conforman el hardware así como el funcionamiento de la interfaz de usuario tanto en Labview y en ApplInventor, las medidas tomadas en estas pruebas, tienen un tiempo de muestreo de un minuto aproximadamente, adicionalmente existe un tiempo de retardo en el barrido que realiza el microcontrolador para tomar los datos de cada sensor, con los datos obtenidos desde los sensores, se realizan cálculos y se los organiza para transmitirlos y enviarlos mediante las ondas de radio Zigbee o bluetooth hacia el receptor.

Con los datos recibidos desde el Sistema de Telemetría con el receptor (Laptop o Tablet), se procede a calcular los valores que se van a mostrar en pantalla, hasta el momento en que se muestra los valores definitivos en la interfaz de usuario, existen varios parámetros por ejemplo la activación de las librerías de Arduino, los tiempos de retardo, el tiempo que se demora en hacer los cálculos, etc. esto hará que todo el sistema se alentase.

Para establecer los criterios de calidad de los sensores que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos de la competencia es necesario obtener la mayor cantidad y calidad de información posible y tener datos a partir de las mediciones de las pruebas realizadas por esta razón se tomó cien muestras de cada sensor en funcionamiento con todo el sistema de telemetría.

Para lograr el análisis del comportamiento de cada sensor recurrimos a las representaciones gráficas y tablas que están en los anexos.

Con las gráficas no sólo conseguimos una información cuantitativa de la magnitud medida sino también su relación con los parámetros del proyecto.

4.1 Pruebas en campo

Para realizar las pruebas se trasladó el vehículo solar al nuevo campus de la ESPEL en Belisario Quevedo teniendo una pista amplia como muestra la Figura No. 58, libre de vehículos y peatones que puedan interrumpir las pruebas.



Figura No. 58. Circuito de prueba de la tricicleta solar

Fuente: Google Maps

En las pruebas de campo se puso en funcionamiento el sistema mecánico, eléctrico y telemétrico para determinar el comportamiento de la tricicleta, la Figura No. 59 muestra el vehículo solar en el escenario de pruebas y la Figura No. 60 vemos la tricicleta en el punto de partida.



Figura No. 59. Tricicleta en el escenario de pruebas



Figura No. 60. Tricicleta en el punto de partida

4.1.1 Pruebas de funcionamiento

Realizando varias pruebas en el funcionamiento de todo el sistema telemétrico se encontró algunos problemas en el funcionamiento de los sensores esto se debió a los siguientes efectos.

4.1.2. Efecto de carga

Debido a que el sistema telemétrico es puramente resistivo al tomar la medida de cualquier sensor en paralelo con los dos microcontroladores, en un circuito ideal presentaría una resistencia infinita. Sin embargo, los instrumentos de medición que utilizamos presentan que el circuito se comporta como si tuviera una resistencia finita y ello supone que una cierta corriente se desvía en alguna parte al conectar los dos circuitos, modificando las corrientes y potenciales preexistentes en el circuito. Este hecho se conoce como efecto de carga, y justifica la importancia de conocer las características de los instrumentos y de los sensores que en su momento se utilice, y saber deducir de las mismas si su efecto de carga es o no despreciable. Si el efecto de carga es despreciable, entonces podremos hacer uso de los circuitos sin ningún problema, pero, este no es el caso ya que todos los sensores están siendo afectados ya que no se comportan como un instrumento de medida ideal.

Para contrarrestar este efecto se realizó el circuito de la Figura No. 61 para todos los sensores, es un seguidor de tensión utilizando el LM358 este circuito presenta la ventaja de que la impedancia de entrada es elevadísima y la de salida prácticamente nula, sin perder la tensión original anulando el efecto de carga con esto ingresa al microcontrolador Mega 2560 sin ninguna problema.

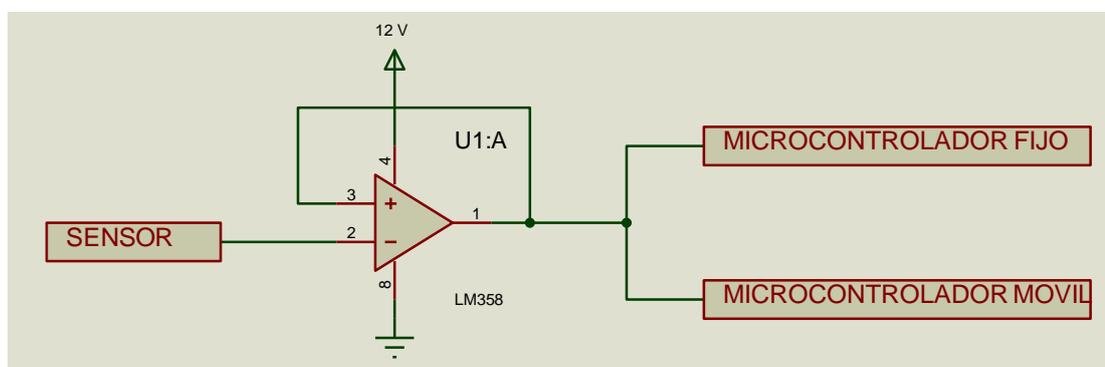


Figura No. 61. Seguidor de Tensión para evitar el efecto de carga

4.1.3. Interferencias electromagnéticas

Este problema se lo puede ver en la mayoría de los sensores utilizados en el proyecto ocurre cuando los cables de datos y de energía eléctrica viajan en forma paralela, también puede ser por los elementos externos que causan ondas electromagnéticas extraídas desde la carcasa del vehículo y que causan perturbaciones, directamente o indirectamente, en los cables de datos.

Esto pone en peligro el funcionamiento de todo el sistema telemétrico ya que degrada seriamente el funcionamiento de los sensores y anula las señales obtenidos de la tricicleta, obstruyendo e interrumpiendo de forma repetida.

Para contrarrestar este efecto se optó poner cable apantallado que tiene como característica un recubrimiento de malla o tubo metálico que actúa como Jaula de Faraday para evitar que se acoplen ruidos y otras interferencias en los sensores.

4.2. Consideraciones de pruebas

Se procedió a realizar el registro de datos de velocidad, corriente de consumo del motor, temperatura y voltaje de la matriz fotovoltaica y el voltaje de las baterías para su posterior análisis y saber si cumple con los parámetros de calidad del sistema de telemetría dispuestas por la competencia de Atacama.

El siguiente estudio toma las mediciones necesarias para un estudio de calidad de los sensores en este análisis podremos notar las características de los mismos como su sensibilidad, linealidad y errores en diferentes tiempos.

Para las mediciones de voltaje y de corriente se contó con el equipo FLUKE 115 que tiene precisión del 1%, para las mediciones de la temperatura el FLUKE 52ii con precisión del 0.05% con una termocupla tipo K y para la medición de la velocidad se contó con la aplicación Velocímetro en un teléfono iPhone, hay que tener en cuenta que esta aplicación en iOS requiere tener el GPS actualizado para evitar problemas de nuevas rotondas, calles cortadas, etc., otra desventaja es que al utilizar un teléfono con GPS está limitado a perturbaciones de la ionosfera que a su vez está formada por una capa de partículas cargadas eléctricamente que modifican la velocidad de las señales de radio que la atraviesan lo que significa que la aplicación no siempre será exacto.

4.3. Análisis de resultados

Cuando el motor gira más rápido, el voltaje inducido aumenta hasta que es casi igual al aplicado. La corriente entonces es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que el motor no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover el rotor. Bajo carga, el rotor gira más lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en el rotor. El motor puede así recibir más potencia eléctrica de la fuente, suministrándola y haciendo más trabajo mecánico. (Platea, 2016)

Debido a que la velocidad de rotación del motor controla el flujo de la corriente en el rotor, cuando el rotor está parada, ésta no tiene realmente resistencia, y si se aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente. (Platea, 2016)

La Figura No. 62 muestra que el motor necesita de mucha intensidad de corriente para empezar a mover la tricicleta esto afirma lo antes dicho, ya que unos momentos después arrancar el motor en el segundo once hay un impulso de corriente de 8800mA estabilizándose dos segundos después

este impulso vemos que en la curva de voltaje de las baterías provoco un cambio de valor por lo que se puede decir que las tres curvas están relacionadas en su funcionamiento de están relacionadas ya que cuando la velocidad cambia la corriente cambia y afecta al sensor de voltaje con un 1V de diferencia, otra causa por la que hay cambios de valor se debe a que todos los materiales, se trate de metales o no metales, ofrecen cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica.

La estática que produce toda la estructura de la tricicleta es otro problema ya que al tener las tierras (GND) de todos los sensores electrónicos y de los microcontroladores en un solo punto, provoca problemas muy evidentes en el buen funcionamiento ya que los sensores dejan de censar las variables.

Otra causa del comportamiento en el consumo de corriente del motor es la carga que usualmente se origina por los baches en carretera, fuertes vientos, peso del piloto, esto hace que cambie la velocidad y provoca que el motor acelere y desacelera en ciertos periodos de tiempo dependiendo de las curvas y elevaciones que existan en ruta en la que se esté manejando.

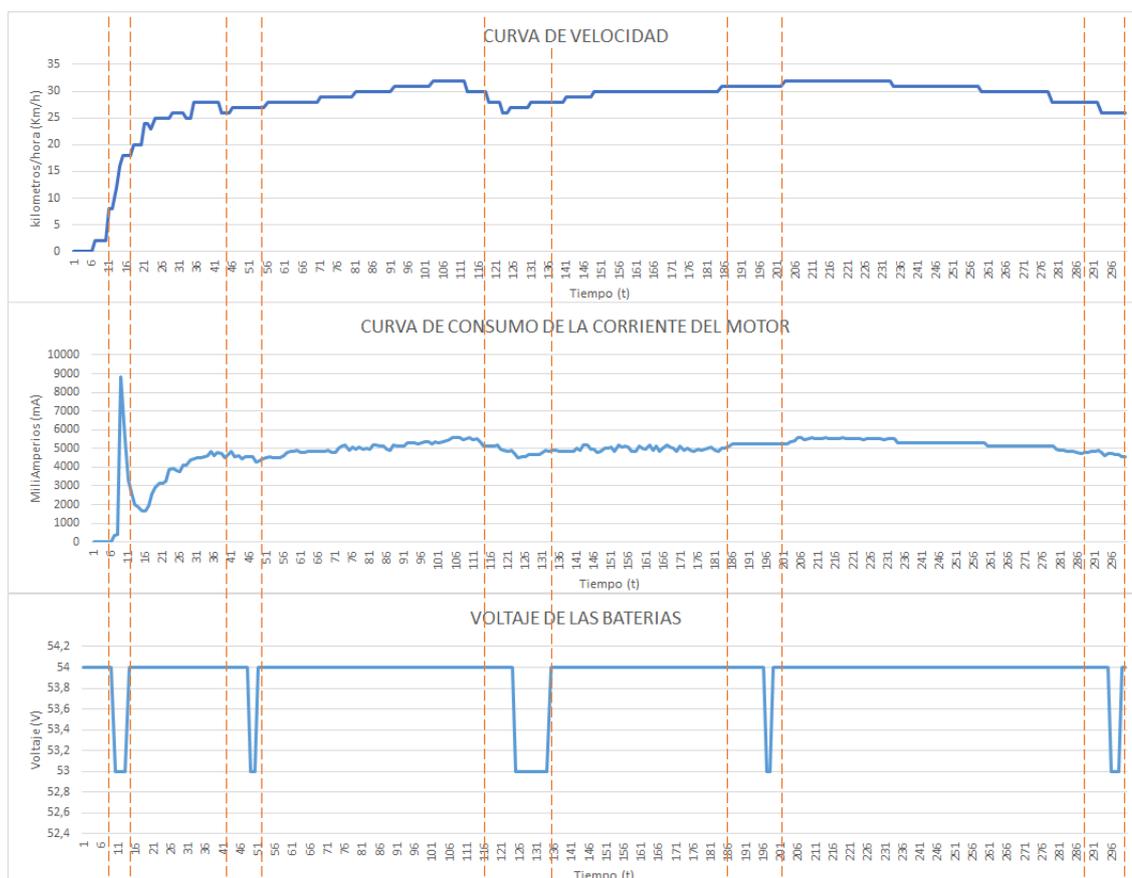


Figura No. 62. Comportamiento de la velocidad, corriente y baterías.

Como se observó en la Figura No. 28 el sistema eléctrico está compuesto por las celdas fotovoltaicas, siendo la fuente de voltaje y corriente continua que llega al controlador MPPT que permite encontrar el punto máximo entre voltaje y corriente generado y transmitiendo a los acumuladores de energía, entonces, la Figura No. 63 muestra la prueba realizada en el proyecto de “diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico para una tricicleta híbrida impulsada por energía solar” la cual presenta la interacción entre los voltajes de batería y de la matriz de celdas, en las que se puede apreciar que existe picos de voltaje por parte de las celdas, impidiendo que la batería no absorba dicho voltaje, limitándose en un máximo de 56V, a diferencia del voltaje de la matriz de celdas que se eleva hasta los 64V este control lo realiza el MPPT, por lo tanto, se dice que las variaciones de las celdas no afectan al funcionamiento de las baterías.

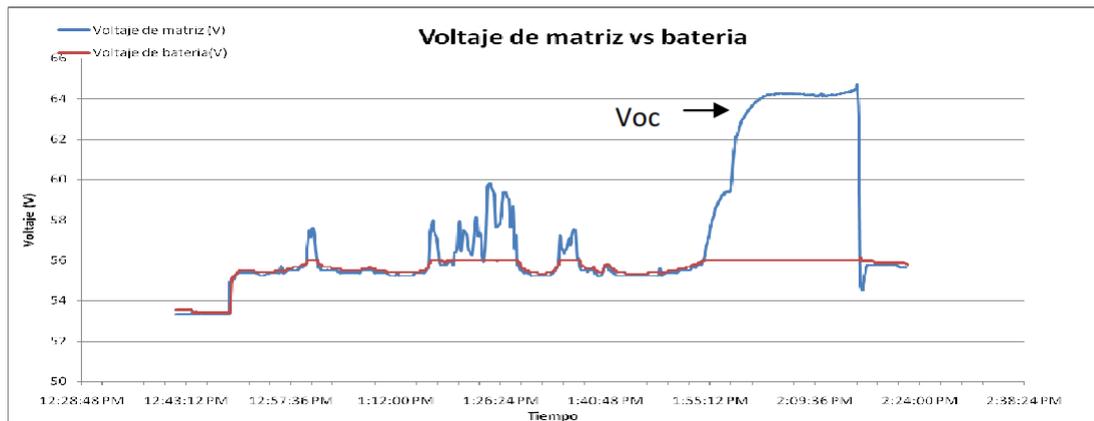


Figura No. 63. Voltaje Batería vs matriz fotovoltaica

Fuente: (Ramírez Cáceres, 2015)

Una vez dicho lo anterior se observa en la Figura No. 64 gracias al MPPT el comportamiento de las celdas no afecta al funcionamiento de las baterías de nuestro proyecto.

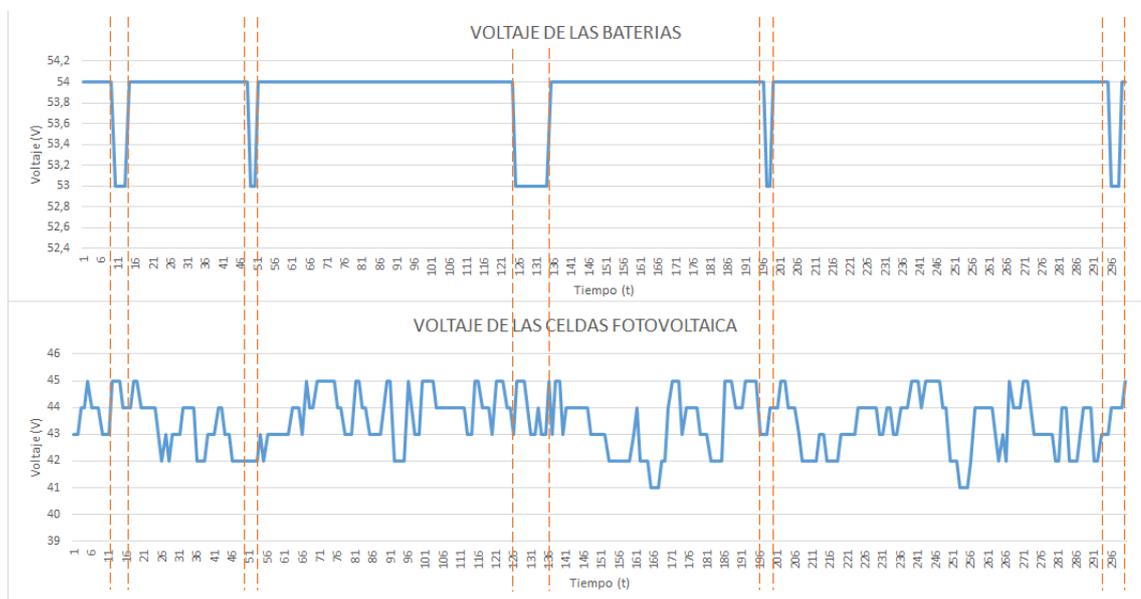


Figura No. 64. Comportamiento del voltaje de las celdas con el voltaje de las baterías

En la Figura No. 65 observamos que los valores obtenidos del sensor de temperatura no son afectados por ningún efecto eléctrico o ambiental en sus mediciones esto es debido a que el sensor se encuentra dentro de la

carrocería pero cerca de las celdas con el fin de que el viento no afecte las medidas del sensor.



Figura No. 65. Comportamiento de la temperatura de las celdas

A continuación para el análisis de cada sensor utilizaremos la herramienta estadística análisis de varianza (ANOVA) ya que en las pruebas realizadas existen diferencia en los promedios para la los diferentes valores de las valores de referencia; esta prueba se realiza para variables donde una tiene instrumentos de referencia y la otra tiene sensores de prueba, con esto se plantea la hipótesis nula de que las medias de los instrumentos de medida y de los sensores coinciden o la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las medida difiere de las demás en cuanto a su valor esperado, las muestras han estado sometida a diferentes condiciones y variaciones.

4.2.1. Análisis del sensor de velocidad

Para realizar las pruebas se instaló en el vehículo el sensor de efecto Hall Arduino y se utilizó 4 polos en la rueda trasera de la tricicleta como muestra la Figura No. 66 con esto se obtiene la frecuencia de la velocidad para posteriormente transformarlo a Km/h y trabajar con este dato.



Figura No. 66. Sensor de Velocidad Instalado en la Tricicleta

Debido a que no existe un patrón de referencia confiable para comparar la velocidad no se puede hacer el análisis de varianza pero si una breve descripción de lo que observamos en la Figura No. 67 que expresa la relación de dos curvas de los valores del ANEXO 3 en el grafico se ve que existen variaciones de los dos instrumentos y sus valores son parecidos ya que se comportan de la misma manera excepto en momentos que se le puede atribuir a un mal funcionamiento eléctrico por lo que se puede decir que el sensor es confiable para la competencia en el uso de medición de velocidad.

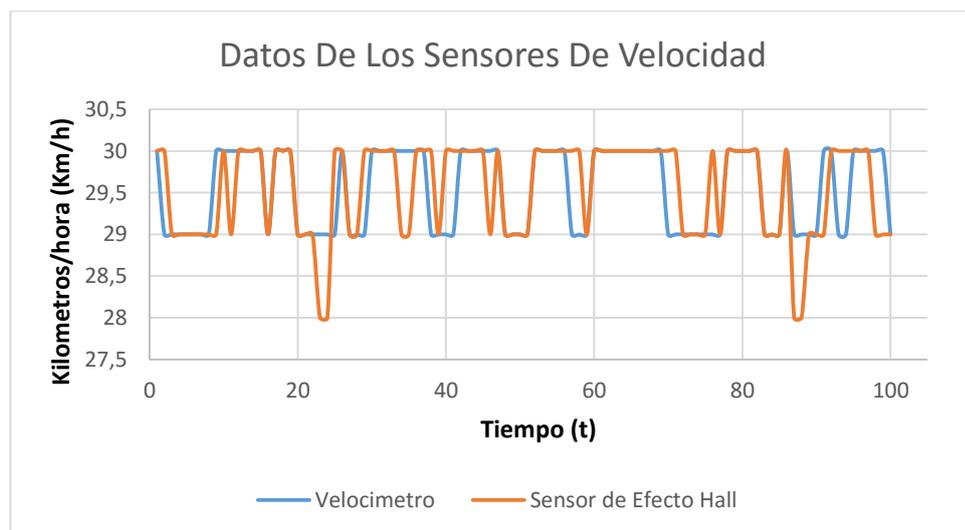


Figura No. 67. Velocímetro Vs Sensor de Efecto Hall

4.2.2. Análisis del sensor DHT11 (°C).

Para realizar las pruebas del sensor de temperatura se instaló en el vehículo el sensor DHT11 debajo de las celdas con el fin de tener la lectura promedio entre la temperatura ambiente y la temperatura que se está produciendo en las celdas como lo muestra la Figura No. 68.



Figura No. 68. Sensor de Temperatura Instalado en la Tricicleta Solar

La Figura No. 69 expresará la relación entre dos curvas de los valores del ANEXO 4 obtenidos en las pruebas, analizando la gráfica se observa las fallas y los retardos de dos segundos característico del sensor debido a la gestión y la complejidad de la librería de temperatura en Arduino.

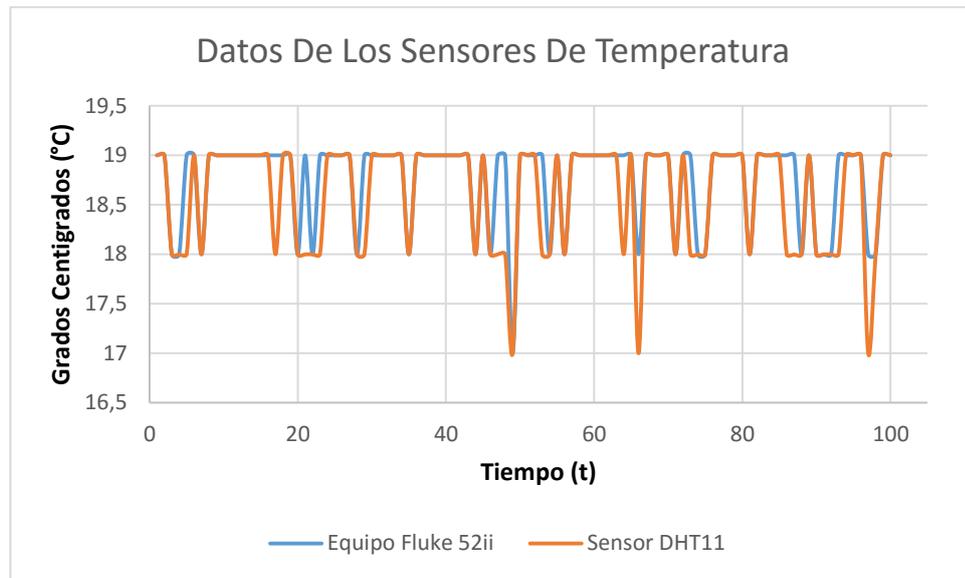


Figura No. 69. Fluke 52ii Vs Sensor DHT11

Para este sensor plantearemos dos hipótesis para el análisis de la varianza, con la ayuda de Excel tenemos la Tabla No.14.

1. Hipótesis nula: se obtuvo una muestra extraña causada por problemas eléctricos.
2. Hipótesis alternativa: los valores observados ocurrieron no por causas electrónicas sino porque existe al menos una pareja de valores nominales cuyos promedios son diferentes.

Tabla No. 14.

Análisis de varianza de temperatura

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fluke 52ii	100	18,76	0,2044
DHT11	100	18,61	0,3009

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,125	1	1,125	4,452	0,0361	3,88
Dentro de los grupos	50,03	198	0,252			

Total	51,15	199
--------------	-------	-----

Al comparar los promedios y la probabilidad de 0.03161 se dice que se acepta la segunda hipótesis es decir que el sensor si responde de manera adecuada al cambio de temperatura pero al analizar detenidamente las dos curvas vemos que existen momentos que el sensor cambia sin razón o no responde al cambio de temperatura, por lo que se puede decir que el sensor no es confiable debido a su tiempo de respuesta y a que es propenso a la estática.

4.2.3. Análisis del sensor de corriente (A).

Para realizar las pruebas de medición de corriente se instaló en el vehículo el sensor de Corriente Modelo ACS712 como muestra la Figura No. 70, está colocado en un lugar estratégico para que su funcionamiento no se vea afectado por el movimiento de la estructura de la tricicleta.



Figura No. 70. Sensor de Corriente Instalado en la Tricicleta Solar

La Figura No. 71 expresará la relación que existe en las dos curvas del ANEXO 5 obtenido en las pruebas realizadas.

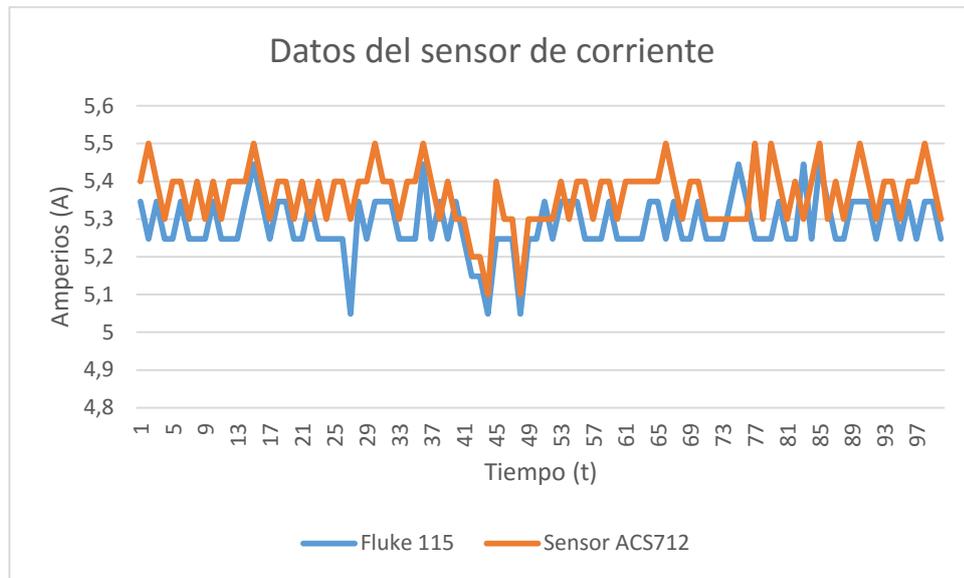


Figura No. 71. Fluke 115 Vs Sensor ACS712

Para tener el análisis a profundidad de la varianza de la corriente tenemos la Tabla No. 15.

Se observa que el sensor tiene errores de medición esto se debe a que el sensor Acs712 utiliza la mitad del voltaje de alimentación como referencia, para alimentar de energía al sensor se utilizó 5V del Arduino por lo que su referencia interna sería de 2,5V hasta 5V para 0 a 20 amperios respectivamente en la salida del acondicionamiento pero en la pruebas hay cambios en la alimentación de los sensores de 5.1V por lo que el voltaje de referencia cambia a 2.56V obteniendo otros valores.

Tabla No. 15.

Análisis de varianza de corriente

RESUMEN			
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fluke 115	100	5,284	0,0055
ACS712	100	5,363	0,0059

Se compara los promedios y tenemos una diferencia de 0.079A esto dice que el sensor se acerca mucho al valor de referencia pero el sensor no tiene

un sistema fijo de alimentación las mediciones realizadas vacío (sin carga) emiten lecturas que son prácticamente erróneas ya que la circulación de corriente es nula, decimos que no es apto para competencias porque requiere de mucho esfuerzo por parte de los dispositivos de medida.

4.5. Análisis del sensor de voltaje de las celdas (V).

Para realizar las pruebas del voltaje de las celdas fotovoltaicas se instaló en el vehículo el sensor de voltaje cerca del MPPT como lo muestra la Figura No. 72 este sensor consistía en un simple Divisor de Voltaje $R_2=62K$ y $R_1=5.1K$



Figura No. 72. Sensor de Voltaje para las Celdas Instalado

La Figura No. 73 es expresar la relación que existe entre las dos curvas del ANEXO 6 obtenida en las pruebas realizadas del voltaje que entrega las celdas fotovoltaicas a las baterías.

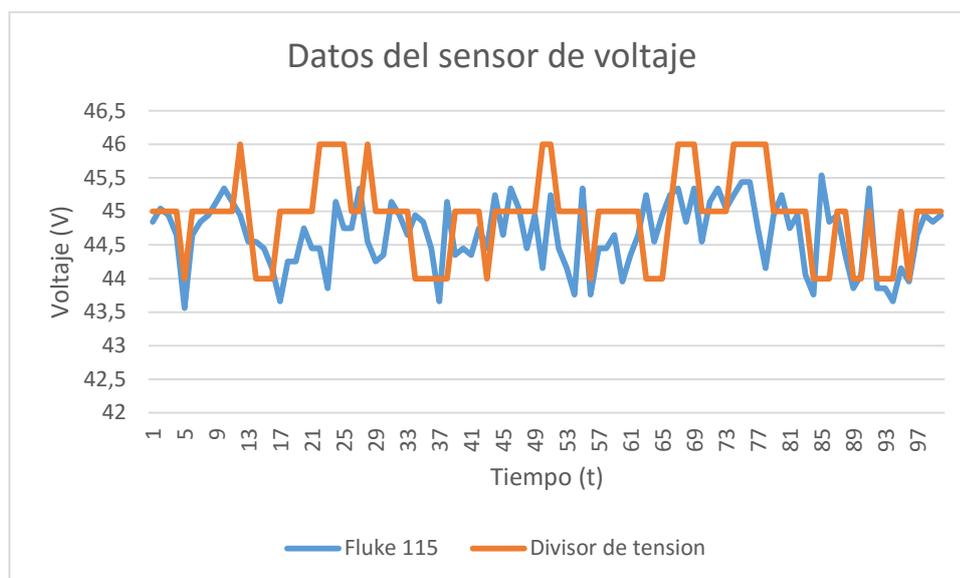


Figura No. 73. Fluke 115 Vs Divisor de tensión

Tenemos la Tabla No. 16 donde se realizó el análisis de varianza del voltaje de las celdas.

Tabla No. 16.

Análisis de varianza del voltaje de las celdas

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Promedio	Varianza
Fluke 115	100	45,11	0,253
Divisor de Tensión	100	44,93	0,388

Lógicamente la energía requerida y la cantidad de luz solar determinarán los voltajes que tendrán los paneles solares es hace que la variable cambie constantemente, al comparar los promedios de los dos grupos tenemos una diferencia de 0,18V se considera que el sensor trabaja de forma muy cercana a un equipo robusto, y decimos que el sensor es apto para censar voltajes altos que varíen contantemente en el tiempo.

4.6. Análisis del sensor de voltaje de baterías (V).

Para realizar las pruebas de los voltajes de las baterías se instaló en el

vehículo el sensor de voltaje que consistía en un simple Divisor de Voltaje $R2=62K$ y $R1=5.1K$, este sensor está instalado como muestra la Figura No. 74 a un lado de los asientos y cerca las baterías con el fin de utilizar la menor cantidad de cableado.

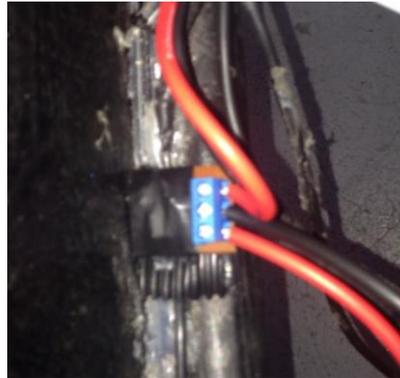


Figura No. 74. Sensor de Voltaje para las Baterías Instalado en la Tricicleta Solar

La Figura No. 75 expresa la relación que existe entre las dos curvas del voltaje de las baterías (esto se encuentra en el ANEXO 7) obtenidos en las pruebas.

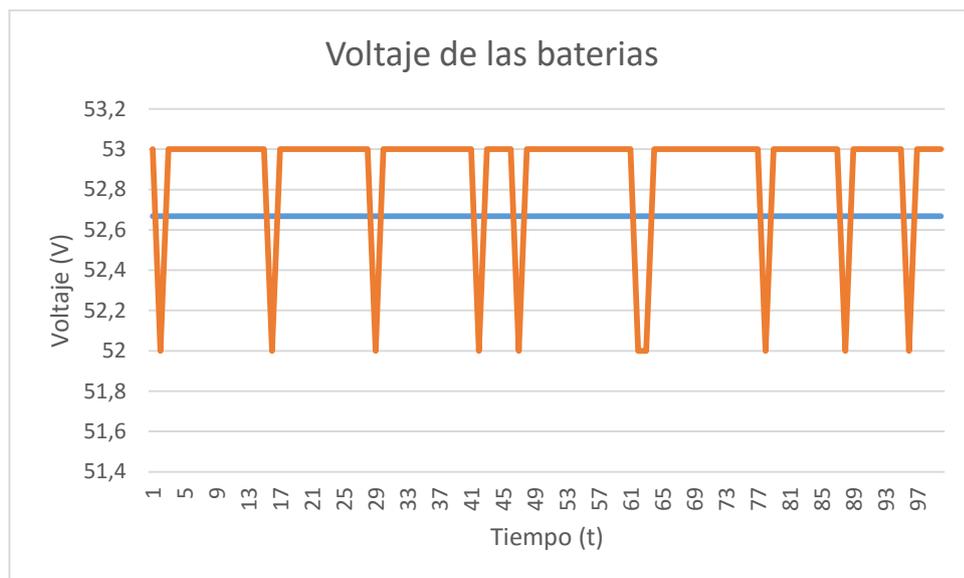


Figura No. 75. Fluke 115 Vs Divisor de Tensión

Para este sensor plantearemos dos hipótesis para el análisis de la varianza, con la ayuda de Excel tenemos la Tabla No.15.

1. Hipótesis nula: se obtuvo una muestra extraña causada por problemas eléctricos.
2. Hipótesis alternativa: los valores observados ocurrieron no por causas electrónicas sino porque existe al menos una pareja de valores nominales cuyos promedios son diferentes.

Tabla No. 17.

Análisis de varianza del voltaje de las baterías

RESUMEN			
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fluke 115	100	52,66	2,039E-28
Divisor de tensión	100	52,9	0,0909

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2,6912	1	2,6912	59,2064	6,5613E-13	3,88
Dentro de los grupos	9	198	0,0454			
Total	11,6912	199				

La característica del Fluke 115 es que para registrar señales fluctuantes el instrumento da valores promedio esa es la razón por la que en la figura anterior tenemos una línea recta mientras que la otra curva presenta variaciones en sus mediciones al ver la probabilidad de 6,5613E-13 con respecto a las medias de los sensores aceptamos la primera hipótesis ya que los picos generados por el sensor se deben a los cambios de valores de las baterías a causa de corrientes parasitas originado por el motor, caídas de tensión y el efecto de carga que provoca que el sensor cambie de valores, y decimos que el sensor es confiable pero tiene baja resolución ya que necesitaríamos de mucho tiempo para observar un cambio considerable.

4.7. Cálculos del error de cada variable

Las medidas obtenidas en el proyecto generan una incertidumbre debido a muchos factores como la naturaleza de la magnitud que se mide, el instrumento de medición, el observador, las condiciones externas. Debido a esta inseguridad es que se desarrolla la teoría de Errores.

Mediante el análisis de las señales tanto del equipo de referencia como la de los sensores expresamos el error porcentual con el fin de darnos cuenta del error que existe en una medición con referencia del total que es un 100% este método es fácil de entender a diferencia de otros modelos estadísticos, por lo tanto, con la ayuda de Excel calcular el error es fácil los valores lo detallamos en la Tabla No. 18.

Tabla No. 18.

Errores de los sensores seleccionados.

Nombre del Sensor	Error Porcentual (%)
Velocidad de la tricicleta	0.85%
Temperatura de las celdas	0.80%
Corriente del motor	0.92%
Voltaje de las Celdas Fotovoltaicas	1.16%
Voltaje de las Baterías	0.56%

Esto se puede traducir que los sensores utilizados en el presente proyecto son confiables para la competición, ya que los errores de lectura son inferiores con respecto a otros equipos más sofisticados o robustos en cuanto a lectura de variables.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos generales y objetivos específicos determinados al principio de este proyecto, se ha determinado las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- Se diseñó e implemento el Sistema Telemétrico por medio del cual se monitorea, se procesa datos y se visualiza las variables físicas mediante la interfaz de usuario cumpliendo las condiciones y reglamentación de la carrera Atacama solar 2014.
- Los sensores que tienen una etapa de acondicionamiento de señal incorporado entregan señales de respuesta con menor relación señal a ruido con respecto a los tradicionales.
- El sensor DHT11 tiene un microcontrolador de 8 bits integrado con señal digital, por lo que se asegura que los datos entregados son de alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo pero es propenso al efecto electroestático y al iniciar todo el sistema tiene un tiempo muerto debido a las características del sensor.
- La carga de las baterías por medio de los paneles solares generan un campo electrostático que afecta a los equipos cercanos en sus líneas de alimentación y de datos.
- Al seleccionar los sensores siempre deben estar orientadas bajo los parámetros de la instalación final, pues en ocasiones las medidas de los sensores utilizados en el laboratorio van a diferir de su funcionamiento

cuando ya estén acoplados en el equipo.

- Se debe utilizar sensores adecuados con características para que puedan soportar las condiciones del ambiente de la carrera y la operatividad de la tricicleta.
- Zigbee y bluetooth soluciono problemas de comunicación inalámbrica ya que permiten una comunicación fiable y simple entre microcontroladores y dispositivos fijos y móviles con topologías punto a punto y multipunto sin tener ningún problema de incompatibilidad entre ellos.
- El proyecto cumple los objetivos definidos, implementando el espacio de trabajo adecuados para el óptimo funcionamiento de la Tricicleta solar y realizando la instrumentación deseada, para poder determinar los parámetros de funcionamiento del vehículo.
- Se seleccionó sensores de tipo electrónico y no mecánico debido a la exactitud y acondicionamiento de la señal de salida, también tomando en cuenta la disponibilidad en el mercado.

5.2. Recomendaciones

- Se aconseja realizar el diseño de la Tricicleta Solar, tomando en cuenta las condiciones y reglamentación de la carrera Atacama solar, compacta y segura para que no afecte al monitoreo cuando se produzcan vibraciones e inestabilidad de toda la estructura.
- Se recomienda utilizar equipos patrones para la calibración y ajuste de todos los instrumentos utilizados en el proyecto.
- Para el sensor DHT11 es necesario utilizar cables laminados para la transmisión de datos, ya que el voltaje inducido por un campo electrostático de la estructura, afecta a los instrumentos cercanos.
- Mantener una sola tierra estable para los sensores y los microcontroladores colocando capacitores para disminuir el efecto estático.
- Se recomienda para los sensores y microcontroladores tener una fuente de alimentación independiente ya que si tomamos la energía de las baterías o de las celdas fotovoltaicas estas al variar constantemente en el tiempo pueden provocar daños en los circuitos y por consiguiente tener errores de medida.
- La estructura de la tricicleta al ser sometidos a la acción de fuerzas externas como el viento, responde variando su equilibrio y, como consecuencia, perturban su normal funcionamiento, por lo que se recomienda diseñar las placas para prevenir los problemas de vibraciones.

- Trabajar con dos microcontroladores independientes para la comunicación inalámbrica con bluetooth y Zigbee ya que optimiza el tiempo de envío de datos.
- Realizar los cálculos de escalamiento en la interfaz del usuario en el computador o de la Tablet ya que estos tienen mejores recursos que la tarjeta Arduino y pueden ser aprovechadas de mejor manera.
- Revisar minuciosamente el estado de los sensores ya que tienen un promedio de vida útil de 6 a 12 meses, esto con el fin de asegurar su eficacia, su fiabilidad y su buen funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alibaba. (26 de Octubre de 2015). *Kit de conversión de motor trasero*.
Obtenido de <http://spanish.alibaba.com/p-detail/26-250w-1000w-diy-rear-e-bike-motor-conversion-kit-60097824739.html>
- AmePower, Inc. (17 de Septiembre de 2015). *Sensores de Voltaje y Corriente*.
Obtenido de http://www.ametrade.com/esp/electronics/products/Voltage_CurrentSensors.shtml
- Brico Geek. (26 de Enero de 2015). *Sensor de Corriente AC no invasivo*.
Obtenido de Productos destacados: <http://tienda.bricogeek.com/>
- C. S. Atacama. (2014). *Bases Técnicas La Ruta Solar*.
- C. S. Atacama Acerca de Nosotros. (12 de Septiembre de 2015). Obtenido de Carrera Solar Atacama: <http://www.carrerasolar.com/c/carrera-solar/acerca-de-nosotros>
- Carrera Solar, A. (2016). *Bases técnicas*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015, de "La Ruta Solar".
- CEDE S.A. de C.V. . (2016). *Detector de Voltaje y Continuidad Con Pantalla LCD Modelo Fluke*. Obtenido de <http://www.cedesa.com.mx/>
- Cinco Válvulas. (Julio de 2012). *Como funciona coche eléctrico*. Obtenido de Cinco Válvulas: <http://www.cincovalvulas.com/2012/07/como-funciona-coche-electrico.html>
- Clinamen*. (12 de 09 de 2015). Obtenido de Nucleo Clinamen: <http://www.clinamen.cl/Nortegrande/Desierto-Atacama.htm>
- CopaData*. (19 de Septiembre de 2015). Obtenido de Interfaz hombre-máquina (HMI): <http://www.copadata.com/es/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>
- Educacion ITE*. (16 de Septiembre de 2015). Obtenido de Ministerio de Educacion de España: <http://samuel-fisica1.blogspot.com/2010/08/magnitudes-y-variables-fisicas.html>

- Eliseo Sebastian. (2011). *Curva de Potencia Generada por Paneles Solares*. Obtenido de <http://eliseosebastian.com/corriente-de-cortocircuito-en-paneles-fotovoltaicos/>
- Enel S.A. (2014). *El coche eléctrico*. Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico
- Garcia Rodrigo, J., & Morales Santiago, G. (2012). Instalaciones de radiocomunicaciones. En *Elementos Basicos* (Primera ed., págs. 54-57). Madrid: Paraninf.
- Garcia Villa, M., & Arribas, L. (1999). Energia Solar Y Fotovoltaica y Cooperacion al Desarrollo. En M. Garcia Villa, *Energia Solar Y Fotovoltaica y Cooperacion al Desarrollo* (pág. 26). Madrid: IEPALA.
- Global16. (13 de Septiembre de 2015). *Tricileta un vehículo revolucionario*. Obtenido de Global16: <http://www.global16.com/r1/nota-794>
- Gobierno Ti. (2015). *Nuevas tecnologías & Sociedad del Conocimiento*. Obtenido de <https://gobiernoti.wordpress.com/>
- Guano, L., & Jorque, A. (2015). *Diseño y Construcción De Los Sistemas De Transmisión Y Frenos De Una Tricicleta Solar*. Latacunga.
- Guirado, R., Asensi, R., Jurado, F., & Carpio, J. (14 de Septiembre de 2015). *UNED la mayor universidad de España*. Obtenido de http://www.ieec.uned.es/web_docencia/archivos/material/ref_1_el_sistema_electrico.pdf
- Hermosa Donate, A. (2012). Electrónica Aplicada . En *Introduccion a la electricidad* (Primera ed., pág. 13). Cataluña: Marcombo.
- HighMotor. (13 de Septiembre de 2015). Obtenido de Tipos de vehículos eléctricos: híbridos, eléctricos y de autonomía extendida: <http://www.highmotor.com/tipos-vehiculos-electricos-hibridos-electricos-autonomia-extendida.html>
- HyperPhysic. (17 de Septiembre de 2015). Obtenido de HyperPhysic: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vel2.html>
- Innova, T. (15 de Septiembre de 2015). *Grupo IRC, Innova Technologies*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>

- Integracion y Control*. (18 de Septiembre de 2015). Obtenido de Sensor de velocidad y posición: <http://www.integracionycontrol.com/web/index.php/productos-integracion-y-control/sensorline/sensores-de-velocidad>
- Intercom, G. (14 de Septiembre de 2015). *Grupo Intercom, desde 1995 creando empresas en Internet*. Obtenido de Mailxmail: <http://www.mailxmail.com/curso-red-energia/red-sistema-electrico>
- Jutglar, L. (2004). Energia Solar. En L. Jutglar, *Energias Alternativas y Medio Ambiente* (pág. 7). Barcelona: Ceac.
- Kalpakjian, & S. R., S. (04 de Agosto de 2015). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Obtenido de Free Libros: <http://www.freelibros.org/ingenieria/manufactura-ingenieria-y-tecnologia-5ta-edicion-s-kalpakjian-y-s-r-schmid.html>
- Leroy Merlin. (10 de agosto de 2015). *Baterías de almacenamiento para la Tricicleta*. Obtenido de http://www.leroymerlin.es/productos/electricidad/energias_renovables/energia_solar_fotovoltaica.html
- Maloney, T. J. (2006). Electrónica Industrial Moderna. En T. J. Maloney, *Electrónica Industrial Moderna* (Quinta ed., pág. 754). Mexico: Pearson Educacion.
- Meganeboy, D. (26 de Noviembre de 2015). *Encoder Codificador rotatorio*. Obtenido de Curso de Inyección Directa de Gasolina: <http://www.aficionadosalamecanica.net/>
- Méndez Muñiz, J. M., & Cuervo García, R. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica* (Segunda Edición ed.). Madrid: FC Editorial.
- Méndez Muñiz, J. M., & Cuervo Garcia, R. (2007). Energia Solar Térmica. En J. M. Méndez Muñiz, *Energías Renovables* (pág. 32). Madrid: FC Editorial.
- Morningstar Corp. (26 de Noviembre de 2015). *Inversores*. Obtenido de Productos: <http://www.morningstarcorp.com/es/productos/>
- National Instruments. (17 de Septiembre de 2015). *Tipos de Sensores*. Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/10635/es/>

- Navarro, J. M., Gomez Morales, T., & Águeda Casado, E. (2011). Sistema de Frenos. En E. Á. Casado, *Sistema de Transmision y Frenos* (pág. 222). Madrid: Paraninfo.
- ONG La Ruta Solar. (16 de Noviembre de 2015). *Carrera Solar Atacama (CSA)*. Obtenido de Primera competencia de autos solares de latinoamérica: <http://www.carrerasolar.com/c/carrera-solar/nosotros>
- Perú, Ministerio del Ambiente. (16 de Septiembre de 2015). *Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Peru*. Obtenido de <http://www.senamhi.gob.pe/pdf/manualmeteo/cap3.pdf>
- PID Electronics*. (3 de Octubre de 2015). Obtenido de Sensores de corriente no invasivos: <http://pidelectronics.com/sensor-de-corriente-no-invasivo.html>
- Platea. (24 de Abril de 2016). *Platea*. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/robotinfra/motoresdecorrientecontinua3.htm>
- Radio Comunicaciones. (3 de Octubre de 2015). *Telemetría - Documentos - Manuales - Enlaces*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>
- Ramírez Cáceres, L. (2015). *Diseño e Implementación Del Sistema Solar Fotovoltaico Para Una Tricicleta Hibrida Impulsada Por Energía Solar*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Rufes Martínez, P. (2010). Energía Solar Térmica. En P. Rufes Martínez, *Nuevas Energías* (pág. 1). Barcelona: Marcombo.
- Samuel. (15 de Agosto de 2010). *Magnitudes y Variables Físicas*. Obtenido de Física 2: <http://samuel-fsica1.blogspot.com/2010/08/magnitudes-y-variables-fisicas.html>
- Sánchez M., J. C. (07 de Mayo de 2015). *Nuevas tecnologías para enfrentar el cambio cilmático*. Obtenido de Slide Share: <http://es.slideshare.net/makeoilgreen/nuevas-tecnologias-4007224>
- Schmid, S. R., & Kalpakjian, S. (2002). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. En *Tecnología de los Sensores* (Cuarta ed., pág. 1051). Mexico: Pearson Educacion.

- Tosatado, M. (23 de Septiembre de 2008). *Electricidad en alta y baja tensión*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015, de Capítulo 2: Red. Sistema Eléctrico: <http://www.mailxmail.com/curso-red-energia/red-sistema-electrico>
- Travel, C. (22 de Septiembre de 2015). *Sitio oficial de turismo Chile*. Obtenido de Chile Travel: <http://chile.travel/donde-ir/desierto-de-atacama/>
- Vivas, M., & Ríos, E. (2015). *Diseño y Construcción De La Estructura De Una Tricicleta Impulsada Por Energía Solar*. Latacunga.
- WikiMedia Argentina. (19 de Septiembre de 2015). Obtenido de Microcontrolador: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>
- Wikipedia. (06 de Abril de 2016). *Microcontrolador*. Obtenido de Wikipedia, La Enciclopedia Libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador#/media/File:Microcontrolador.jpg>

ANEXOS

Anexo No. 1

CÓDIGO ARDUINO CON COMUNICACIÓN ZIGBEE

```

//definición de la librería
#include "DHT.h"
#include <FreqCount.h>
//Declarar pin 6 para el sensor de temperatura
#define DHTPIN 6
//Definimos el modelo del sensor
#define DHTTYPE DHT11
//Definimos la variable que utilizaremos para comunicarnos con el sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Variables
int val_temp=0;
char c;
int count;
long amperios=0;
long bat1=0,bat2=0;
String strOne,letraT,letraR,letral,letraV,letrav,letraF,stringThree;
int datOne,datTwo,datThree,datFour,datFive;

void setup()
{
  // initialize the serial communications:
  Serial.begin(19200);
  FreqCount.begin(1000);
  strOne=String("R");           // letra R indica q empieza la respuesta
  letraT=String("T");          // letra T indica q empieza empieza el valor de la temperatura
  letraR=String("P");          // letra P indica q empieza empieza el valor de la velocidad
  letral=String("I");          // letra I indica q empieza empieza el valor de la Corriente

```

```

letraV=String("V");           // letra V indica q empieza empieza el valor de la Bateria 1
letrav=String("B");           // letra B indica q empieza empieza el valor de la Bateria 2
letraF=String("F");           // letra F final de trama
stringThree = String ();
}
void loop()
{

    leertemp();
    delay(10);
    leerrpm();
    delay(10);
    corriente();
    delay(10);
    bateria1();
    delay(10);
    bateria2();
    delay(10);

    if (Serial.available() > 0)
    {
        c = Serial.read();
        if (c=='D')
        {
            datOne=val_temp;
            datTwo=count;
            datThree=amperios;
            datFour=bat1;
            datFive=bat2;
            stringThree = strOne + letraT;
            stringThree+= datOne;
            stringThree+= letraR;
            stringThree+= datTwo;

```

```

    stringThree+= letral;
    stringThree+= datThree;
    stringThree+= letraV;
    stringThree+= datFour;
    stringThree+= letrav;
    stringThree+= datFive;
    stringThree+= letraF;
    Serial.println(stringThree);
  }
}
}
/* *****
*SUBROUTINAS
*****/

void leertemp()
{
  val_temp=dht.readTemperature(); // read value sensor temperature
}

void leerrpm()
{
  if (FreqCount.available())
  {
    count = FreqCount.read();
    //count=(count*2);

  }
// else
// {
//   goto x;
// }
}

```

```
void corriente()
{
// amperios=analogRead(A4);
  amperios = 0;
  for(int i = 0; i < 500; i++) {
    amperios = amperios + (.0264 * analogRead(A4) -13.51);
    //delay(1);
  }
}
```

```
void bateria1()
{
  bat1=analogRead(A5);
}
```

```
void bateria2()
{
  bat2=analogRead(A1);
}
```

Anexo No. 2.

CÓDIGO ARDUINO CON COMUNICACIÓN BLUETOOTH

```

//Inicializamos las librerías del sensor de temperatura
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 7
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
////////////////////////////////////

//Declaro las variables que vamos a necesitar para
//los cálculos de las variables físicas
int VQ;
int ACSPin = A0;
int dato;
int v1;
int v2;
int b1;
////////////////////////////////////

//Declaramos las variables que vamos a necesitar
//para la velocidad
int rpm;
////////////////////////////////////

//Numero de muestras
int m=15;

////VARIABLES DEL PROMEDIADOR DE LA CORRIENTE////
int z=0, Totalz, Promedioz=0;
int Lecturasz[15];
int b;

////////////////////////////////////

void setup() {
  // Abre el Puerto serie, configurando la velocidad en 9600 bps
  Serial.begin(19200);

```

```

FreqCount.begin(1000);

//inicializo el vector para promediar las lecturas de la corriente
for (int z=0;z<m;z++){
Lecturas[z]=0;
}
////////////////////////////////////

j=0;
z=0;

//Inicializamos el sensor de temperatura
dht.begin();

//Determinamos la Constante VQ para el posterior cálculo de la corriente
VQ = determineVQ(ACSPin);
delay(100);
//avisa a Arduino que vamos a utilizar interrupciones
rpm = 0;

}

void loop() {
    ///////////////////////////////////Calculo Promedio de la Velocidad/////////////////////////////////
    if (FreqCount.available())
    {
        count = FreqCount.read();
        rpm=map(count,0,23,0,40);
    }
    ///////////////////////////////////

    ///////////////////////////////////Funciones para calcular la Temperatura/////////////////////////////////
    float t = dht.readTemperature();
    ///////////////////////////////////

    ///////////////////////////////////Lee los valores análogos de las baterías y de las celdas
    dato = analogRead(A1);//BAT1
    v1=map(dato,0,1023,0,67);

```

```

v2=53;
dato = analogRead(A2);//CELDA
b1=map(dato,0,1023,0,67);

////////////////////////////////////

/////////Calculo Promedio de la Corriente/////////
Totalz=Totalz-Lecturasz[z];
Lecturasz[z]=readCurrent(ACSPin)*100;
Totalz=Totalz+Lecturasz[z];
z=z+1;

delay(10);

if (z>=m){
  z=0;
  Promedioz=Totalz/m;
  b=map(Promedioz,0,1100,0,3000);
}

/////////Transformamos a enteros para el envío/////////
int a=int(b);
int tt=int(t);

char buffer[40];
sprintf(buffer,"B%2.2dC%2.2dD%2.2dA%4.4dT%2.2dR%2.2d
L%1.1d",v2,v1,b1,a,tt,rpm);
Serial.println(buffer);

}

int determineVQ(int PIN) {
  long VQ = 0;
  //read 5000 samples to stabilise value
  for (int i=0; i<5000; i++) {
    VQ += analogRead(PIN);
    delay(1);
  }
  VQ /= 5000;
}

```

```
Serial.print(map(VQ, 0, 1023, 0, 5000));  
Serial.println(" mV");  
return int(VQ);  
}  
  
//función para calcular la corriente  
float readCurrent(int PIN) {  
  int current = 0;  
  int sensitivity = 100.0;//change this to 100 for ACS712-20A or to 66 for ACS712-30A  
  //read 5 samples to stabilise value  
  for (int i=0; i<5; i++) {  
    current += analogRead(PIN) - VQ;  
    delay(1);  
  }  
  current = map(current/5, 0, 1023, 0, 5000);  
  return float(current)/sensitivity;  
}
```

Anexo No. 3.

DATOS DE LAS PRUEBAS DE VELOCIDAD.

Muestra	Velocímetro	Sensor de Efecto Hall	Muestra	Velocímetro	Sensor de Efecto Hall	Muestra	Velocímetro	Sensor de Efecto Hall
1	30	30	35	30	29	69	30	30
2	29	30	36	30	30	70	29	30
3	29	29	37	30	30	71	29	30
4	29	29	38	29	30	72	29	29
5	29	29	39	29	29	73	29	29
6	29	29	40	29	30	74	29	29
7	29	29	41	29	30	75	29	29
8	29	29	42	30	30	76	29	30
9	30	29	43	30	30	77	29	29
10	30	30	44	30	30	78	30	30
11	30	29	45	30	30	79	30	30
12	30	30	46	30	29	80	30	30
13	30	30	47	30	30	81	30	30
14	30	30	48	29	29	82	30	30
15	30	30	49	29	29	83	29	29
16	29	29	50	29	29	84	29	29
17	30	30	51	29	29	85	29	29
18	30	30	52	30	30	86	30	30
19	30	30	53	30	30	87	29	28
20	29	29	54	30	30	88	29	28
21	29	29	55	30	30	89	29	29
22	29	29	56	30	30	90	29	29
23	29	28	57	29	30	91	30	29
24	29	28	58	29	30	92	30	30
25	29	30	59	29	29	93	29	30
26	30	30	60	30	30	94	29	30
27	29	29	61	30	30	95	30	30
28	29	29	62	30	30	96	30	30

29	29	30	63	30	30	97	30	30
30	30	30	64	30	30	98	30	29
31	30	30	65	30	30	99	30	29
32	30	30	66	30	30	100	29	29
33	30	30	67	30	30			
34	30	29	68	30	30			

Anexo No. 4.

DATOS DE LAS PRUEBAS DE TEMPERATURA.

Muestra	Equipo Fluke 52ii	Sensor DHT11	Muestra	Equipo Fluke 52ii	Sensor DHT11	Muestra	Equipo Fluke 52ii	Sensor DHT11
1	19	19	35	18	18	69	19	19
2	19	19	36	19	19	70	19	19
3	18	18	37	19	19	71	18	18
4	18	18	38	19	19	72	19	19
5	19	18	39	19	19	73	19	18
6	19	19	40	19	19	74	18	18
7	18	18	41	19	19	75	18	18
8	19	19	42	19	19	76	19	19
9	19	19	43	19	19	77	19	19
10	19	19	44	18	18	78	19	19
11	19	19	45	19	19	79	19	19
12	19	19	46	18	18	80	19	19
13	19	19	47	19	18	81	18	18
14	19	19	48	19	18	82	19	19
15	19	19	49	17	17	83	19	19
16	19	19	50	19	19	84	19	19
17	19	18	51	19	19	85	19	19
18	19	19	52	19	19	86	19	18
19	19	19	53	19	18	87	19	18
20	18	18	54	18	18	88	18	18
21	19	18	55	19	19	89	19	19
22	18	18	56	18	18	90	18	18
23	19	18	57	19	19	91	18	18
24	19	19	58	19	19	92	18	18
25	19	19	59	19	19	93	19	18
26	19	19	60	19	19	94	19	19
27	19	19	61	19	19	95	19	19
28	18	18	62	19	19	96	19	19

29	19	18	63	19	19	97	18	17
30	19	19	64	19	18	98	18	18
31	19	19	65	19	19	99	19	19
32	19	19	66	18	17	100	19	19
33	19	19	67	19	19			
34	19	19	68	19	19			

Anexo No. 5.

DATOS DE LAS PRUEBAS DE CORRIENTE A 30 KM/H.

Muestra	Equipo Fluke 115	Sensor ACS712	Muestra	Equipo Fluke 115	Sensor ACS712	Muestra	Equipo Fluke 115	Sensor ACS712
1	5,346	5,4	35	5,247	5,4	69	5,247	5,4
2	5,247	5,5	36	5,445	5,5	70	5,346	5,4
3	5,346	5,4	37	5,247	5,4	71	5,247	5,3
4	5,247	5,3	38	5,346	5,3	72	5,247	5,3
5	5,247	5,4	39	5,247	5,4	73	5,247	5,3
6	5,346	5,4	40	5,346	5,3	74	5,346	5,3
7	5,247	5,3	41	5,247	5,3	75	5,445	5,3
8	5,247	5,4	42	5,148	5,2	76	5,346	5,3
9	5,247	5,3	43	5,148	5,2	77	5,247	5,5
10	5,346	5,4	44	5,049	5,1	78	5,247	5,3
11	5,247	5,3	45	5,247	5,4	79	5,247	5,5
12	5,247	5,4	46	5,247	5,3	80	5,346	5,4
13	5,247	5,4	47	5,247	5,3	81	5,247	5,3
14	5,346	5,4	48	5,049	5,1	82	5,247	5,4
15	5,445	5,5	49	5,247	5,3	83	5,445	5,3
16	5,346	5,4	50	5,247	5,3	84	5,247	5,4
17	5,247	5,3	51	5,346	5,3	85	5,445	5,5
18	5,346	5,4	52	5,247	5,3	86	5,346	5,3
19	5,346	5,4	53	5,346	5,4	87	5,247	5,4
20	5,247	5,3	54	5,346	5,3	88	5,247	5,3
21	5,247	5,4	55	5,346	5,4	89	5,346	5,4
22	5,346	5,3	56	5,247	5,4	90	5,346	5,5
23	5,247	5,4	57	5,247	5,3	91	5,346	5,4
24	5,247	5,3	58	5,247	5,4	92	5,247	5,3
25	5,247	5,4	59	5,346	5,4	93	5,346	5,4
26	5,247	5,4	60	5,247	5,3	94	5,346	5,4
27	5,049	5,3	61	5,247	5,4	95	5,247	5,3
28	5,346	5,4	62	5,247	5,4	96	5,346	5,4

29	5,247	5,4	63	5,247	5,4	97	5,247	5,4
30	5,346	5,5	64	5,346	5,4	98	5,346	5,5
31	5,346	5,4	65	5,346	5,4	99	5,346	5,4
32	5,346	5,4	66	5,247	5,5	100	5,247	5,3
33	5,247	5,3	67	5,346	5,4			
34	5,247	5,4	68	5,247	5,3			

Anexo No. 6.

DATOS DE LAS PRUEBAS DE VOLTAJE DE LAS CELDAS.

Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.	Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.	Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.
1	44,847	45	35	44,847	44	69	45,342	46
2	45,045	45	36	44,451	44	70	44,55	45
3	44,946	45	37	43,659	44	71	45,144	45
4	44,649	45	38	45,144	44	72	45,342	45
5	43,56	44	39	44,352	45	73	45,045	45
6	44,649	45	40	44,451	45	74	45,243	46
7	44,847	45	41	44,352	45	75	45,441	46
8	44,946	45	42	44,748	45	76	45,441	46
9	45,144	45	43	44,451	44	77	44,748	46
10	45,342	45	44	45,243	45	78	44,154	46
11	45,144	45	45	44,649	45	79	44,946	45
12	44,946	46	46	45,342	45	80	45,243	45
13	44,55	45	47	45,045	45	81	44,748	45
14	44,55	44	48	44,451	45	82	44,946	45
15	44,451	44	49	44,946	45	83	44,055	45
16	44,154	44	50	44,154	46	84	43,758	44
17	43,659	45	51	45,243	46	85	45,54	44
18	44,253	45	52	44,451	45	86	44,847	44
19	44,253	45	53	44,154	45	87	44,946	45
20	44,748	45	54	43,758	45	88	44,352	45
21	44,451	45	55	45,342	45	89	43,857	44
22	44,451	46	56	43,758	44	90	44,055	44
23	43,857	46	57	44,451	45	91	45,342	45
24	45,144	46	58	44,451	45	92	43,857	44
25	44,748	46	59	44,649	45	93	43,857	44
26	44,748	45	60	43,956	45	94	43,659	44
27	45,342	45	61	44,352	45	95	44,154	45
28	44,55	46	62	44,649	45	96	43,956	44

29	44,253	45	63	45,243	44	97	44,649	45
30	44,352	45	64	44,55	44	98	44,946	45
31	45,144	45	65	44,946	44	99	44,847	45
32	44,946	45	66	45,243	45	100	44,946	45
33	44,649	45	67	45,342	46			
34	44,946	44	68	44,847	46			

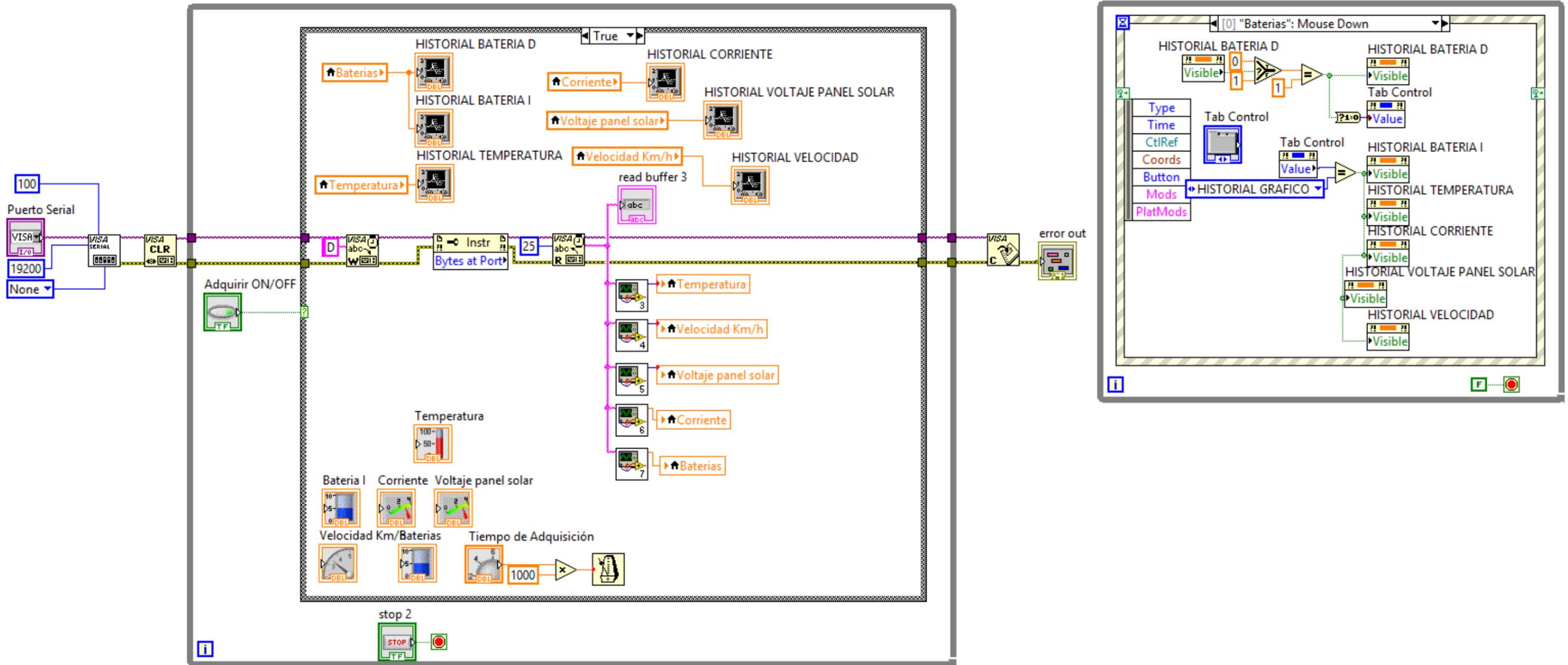
Anexo No. 7.

DATOS DE LAS PRUEBAS DE LAS BATERÍAS.

Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.	Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.	Muestra	Equipo Fluke 115	Divisor de tensión.
1	52,668	53	35	52,668	53	69	52,668	53
2	52,668	52	36	52,668	53	70	52,668	53
3	52,668	53	37	52,668	53	71	52,668	53
4	52,668	53	38	52,668	53	72	52,668	53
5	52,668	53	39	52,668	53	73	52,668	53
6	52,668	53	40	52,668	53	74	52,668	53
7	52,668	53	41	52,668	53	75	52,668	53
8	52,668	53	42	52,668	52	76	52,668	53
9	52,668	53	43	52,668	53	77	52,668	53
10	52,668	53	44	52,668	53	78	52,668	52
11	52,668	53	45	52,668	53	79	52,668	53
12	52,668	53	46	52,668	53	80	52,668	53
13	52,668	53	47	52,668	52	81	52,668	53
14	52,668	53	48	52,668	53	82	52,668	53
15	52,668	53	49	52,668	53	83	52,668	53
16	52,668	52	50	52,668	53	84	52,668	53
17	52,668	53	51	52,668	53	85	52,668	53
18	52,668	53	52	52,668	53	86	52,668	53
19	52,668	53	53	52,668	53	87	52,668	53
20	52,668	53	54	52,668	53	88	52,668	52
21	52,668	53	55	52,668	53	89	52,668	53
22	52,668	53	56	52,668	53	90	52,668	53
23	52,668	53	57	52,668	53	91	52,668	53
24	52,668	53	58	52,668	53	92	52,668	53
25	52,668	53	59	52,668	53	93	52,668	53
26	52,668	53	60	52,668	53	94	52,668	53
27	52,668	53	61	52,668	53	95	52,668	53
28	52,668	53	62	52,668	52	96	52,668	52

29	52,668	52	63	52,668	52	97	52,668	53
30	52,668	53	64	52,668	53	98	52,668	53
31	52,668	53	65	52,668	53	99	52,668	53
32	52,668	53	66	52,668	53	100	52,668	53
33	52,668	53	67	52,668	53			
34	52,668	53	68	52,668	53			

Anexo No. 8.
INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN LABVIEW.



Anexo No. 9.

INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN APPINVENTOR.

```

initialize global time to ""

when ListPicker1 - BeforePicking
do set ListPicker1 - Elements to BluetoothClient1 - AddressesAndNames

when ListPicker1 - AfterPicking
do set ListPicker1 - Selection to call BluetoothClient1 - Connect
address ListPicker1 - Selection

when Button5 - Click
do call BluetoothClient1 - Disconnect

when Button6 - Click
do call BluetoothClient1 - Disconnect
close application
    
```

```

when Clock1 - Timer
do if BluetoothClient1 - IsConnected
then if BluetoothClient1 - BytesAvailableToReceive > 0
then set Label1 - Text to call BluetoothClient1 - ReceiveText
numberOfBytes call BluetoothClient1 - BytesAvailableToReceive
if compare texts length Label1 - Text > 22
then set Label27 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 3
set Label27 - Text to Label27 - Text + 1
set Label2 - Text to segment text Label1 - Text
start Label27 - Text
length 2
set Label25 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 4
set Label25 - Text to Label25 - Text + 1
set Label3 - Text to segment text Label1 - Text
start Label25 - Text
length 2
set Label31 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 10
set Label31 - Text to Label31 - Text + 1
set Label7 - Text to segment text Label1 - Text
start Label31 - Text
length 2
set Label12 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 4
set Label12 - Text to Label12 - Text + 1
set Label8 - Text to segment text Label1 - Text
start Label12 - Text
length 4
set Label11 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 11
set Label11 - Text to Label11 - Text + 1
set Label4 - Text to segment text Label1 - Text
start Label11 - Text
length 2
set Label28 - Text to starts at text Label1 - Text
piece 13
set Label28 - Text to Label28 - Text + 1
set Label9 - Text to segment text Label1 - Text
start Label28 - Text
length 2
    
```

```

when Clock2 - Timer
do if BluetoothClient1 - IsConnected
then set global time to call Clock1 - Now
call File1 - AppendToFile
text list to csv table list | make a list | list to csv row list | make a list | join
Label2 - Text
Label3 - Text
Label7 - Text
Label8 - Text
Label4 - Text
Label9 - Text
call Clock1 - Year
instant get global time
call Clock1 - MonthName
instant get global time
call Clock1 - DayOfMonth
instant get global time
call Clock1 - Hour
instant get global time
call Clock1 - Minute
instant get global time
call Clock1 - Second
instant get global time
fileName "/data.txt"
    
```



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: Senón Pedro Reisancho Casco.

En la ciudad de Latacunga, a los 06 días del mes de mayo del 2016.

