



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: INVESTIGACIÓN ACERCA DE UN SISTEMA DE
NAVEGACIÓN Y CELDA DE CARGA ELÉCTRICA CON
ENERGÍA SOLAR PARA UNA TRICICLETA HÍBRIDA, EN
BASE A LOS REGLAMENTOS DE LA COMPETENCIA
ATACAMA SOLAR CHALLENGE 2016**

**AUTORES: JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA
CELIANO BLADIMIR PULLOQUINGA MOLINA**

DIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ

LATACUNGA

2017

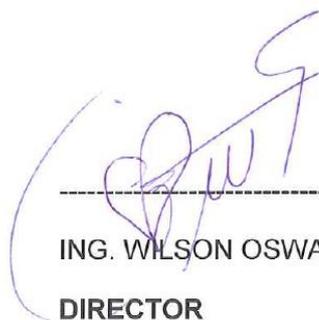


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**INVESTIGACIÓN ACERCA DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN Y CELDA DE CARGA ELÉCTRICA CON ENERGÍA SOLAR PARA UNA TRICICLETA HÍBRIDA, EN BASE A LOS REGLAMENTOS DE LA COMPETENCIA ATACAMA SOLAR CHALLENGE 2016**" realizado por los señores **JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA** y **CELIANO BLADIMIR PULLOQUINGA MOLINA**, 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 **JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA** y **CELIANO BLADIMIR PULLOQUINGA MOLINA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de febrero del 2017



ING. WILSON OSWALDO TRÁVEZ PILLO
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA** y **CELIANO BLADIMIR PULLOQUINGA MOLINA**, con cédula de identidad N° 0503562993 y 0503486011, declaro que este trabajo de titulación "**INVESTIGACIÓN ACERCA DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN Y CELDA DE CARGA ELÉCTRICA CON ENERGÍA SOLAR PARA UNA TRICICLETA HÍBRIDA, EN BASE A LOS REGLAMENTOS DE LA COMPETENCIA ATACAMA SOLAR CHALLENGE 2016**" 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, 22 de febrero del 2017

Johnatan Gerardo Herrera Veintimilla

C.C.: 0503562993

Celiano Bladimir Pulloquina Molina

C.C.: 0503486011



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA** y **CELIANO BLADIMIR PULLOQUINGA MOLINA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**INVESTIGACIÓN ACERCA DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN Y CELDA DE CARGA ELÉCTRICA CON ENERGÍA SOLAR PARA UNA TRICICLETA HÍBRIDA, EN BASE A LOS REGLAMENTOS DE LA COMPETENCIA ATACAMA SOLAR CHALLENGE 2016**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 22 de febrero del 2017

Johnatan Gerardo Herrera Veintimilla

C.C.: 0503562993

Celiano Bladimir Pulloquina Molina

C.C.: 0503486011

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia quienes confían mucho en mí, en especial a mis padres quienes son el pilar fundamental y apoyo incondicional durante toda la vida, a mis hermanos y sobrinos con quienes saldré adelante, a todos mis tíos y primos que día a día nos dan la fortaleza para seguir en pie de lucha.

A mis amigos y compañeros tanto de la universidad como de mi infancia que día a día hemos estado en los momentos difíciles, así como también en los momentos alegres.

Y a todos en general por hoy ver culminado una etapa más en mi vida.

Johnatan Herrera

Dedico el presente trabajo a mis padres quienes me enseñaron que no hay nada imposible de realizar.

A mi familia, en especial a mi hermana Pilar por su apoyo incondicional.

Y a todos mis amigos que compartimos conocimientos, momentos de tristeza y felicidad para llegar a esta meta.

Bladimir Pulloquina

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la salud y la vida para lograr una etapa importante, a mis padres por todo el apoyo que recibo y por la confianza que tienen en mí.

A todos quienes forman parte de la vida universitaria tanto ingenieros y compañeros que de una u otra forma contribuyeron con un granito de arena, a mi amigo Bladimir por ser un luchador en la vida y va a salir adelante.

Al Ing. Wilson Trávez que es nuestro tutor por la colaboración prestada para que este proyecto salga delante de la mejor manera.

Y a todos quienes hicieron posible el poder llegar a esta meta Mil gracias...

Johnatan Herrera

Agradezco especialmente a mis padres Celiano y Marina que, con su apoyo moral y económico, logre superar todos los obstáculos que se presentaron en los diferentes semestres de estudio universitario

A mi familia y amigos que siempre me acompañaron dándome fuerzas para seguir adelante y no dejarme caer, por más difícil que se vea la situación y por último a Dios el cual me dio una segunda oportunidad de vida. Para poder hacer realidad el sueño de ser Ingeniero Mecatrónico.

Bladimir Pulloquina

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Justificación e importancia.	2
1.1.3. Objetivos del proyecto.....	2
a. Objetivo general	2
b. Objetivos específicos	3
1.1.4. Hipótesis.	3
1.1.5. Variables de la investigación.....	3
a. Variable independiente.....	3
b. Variable dependiente	4
1.2. Atacama solar Challenge	4
a. Reglamentos carrea Atacama Solar Challenge 2016.....	4
1.3. La energía solar.	4
a) Radiación horizontal, normal y en un plano inclinado	5
1.3.1. Orientación de paneles solares.....	5
a) Acimut	6

b)	Inclinación	6
1.3.2.	Radiación solar 2015 Latacunga-Ecuador.	7
1.3.3.	Radiación solar 2015 Desierto de Atacama-Chile	7
1.4.	Vehículos solares	8
1.4.1.	Ventajas y desventajas de los vehículos solares	9
1.4.2.	Componentes de un vehículo solar.	9
a)	El sistema de motorización	9
b)	El sistema de control	10
c)	El sistema de alimentación.....	10
d)	El sistema de transmisión y traslación	10
e)	La carrocería y/o el bastidor	10
f)	Los sistemas auxiliares	11
1.5.	Componentes de un sistema fotovoltaico.....	11
1.6.	Celda fotovoltaica.....	12
1.6.1.	Tipos de celdas fotovoltaicas	13
a)	Células de silicio monocristalino	13
b)	Células de silicio policristalino	14
1.6.2.	Constitución de un módulo fotovoltaico	15
a)	Generador fotovoltaico	15
b)	Elementos principales del módulo fotovoltaico.....	15
1.6.3.	Parámetros técnicos de los paneles fotovoltaicos.....	16
a)	Corriente de cortocircuito I_{sc}	16
b)	Tensión de circuito abierto V_{oc}	16
c)	Punto de máxima potencia.....	16
d)	Factor de forma FF.....	17
e)	Eficiencia o Rendimiento η	17
1.6.4.	Influencia de la irradiancia solar	18
a)	Potencia máxima de un módulo fotovoltaico	18
b)	Corriente máxima de un módulo fotovoltaico	18
c)	Efectos de la temperatura	19
1.6.5.	Criterios de selección de módulos fotovoltaicos.....	20
a)	Rendimiento o eficiencia.	20
b)	Tolerancia de potencia máxima.	20
c)	Punto de trabajo del módulo fotovoltaico.	21

d)	Presupuesto.....	21
e)	Garantía de potencia.....	21
f)	Garantía de defectos de fabricación.....	21
g)	Características ambientales.....	22
1.6.6.	Asociación y conexión de paneles fotovoltaicos	22
a)	Asociación serie	22
1.7.	Dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica.....	23
1.7.1.	Tipos Baterías de Litio.....	23
a)	Baterías De Iones De Litio (LI-ION).....	23
b)	Baterías De Polímero De Litio (LIPO):	23
1.7.2.	Parámetros técnicos de las baterías	24
a)	Capacidad (C)	24
b)	Tensión nominal (V_n).....	24
c)	Tensión de carga (V_{car})	24
d)	Profundidad de descarga (P_d)	24
e)	Ciclos de vida.....	25
f)	Eficiencia de carga (η_{car}):	25
g)	Autodescarga (A):	25
1.7.3.	Efecto de la temperatura en las baterías.....	25
1.8.	Regulador de carga (MPPT).	26
1.8.1.	Dimensionamiento de los reguladores	26
a)	Intensidad máxima de entrada	27
b)	Intensidad máxima de salida.....	27
1.9.	Sistema GPS.....	28
1.9.1.	Características del sistema GPS.....	28
1.9.2.	Arquitectura del sistema GPS	28
1.9.3.	Modem sim 908 GSM, GPS, GPRS.....	29
1.9.4.	Atmega 324.....	30
1.10.	Interface con el usuario	31
1.10.1.	Características básicas	31
1.11.	Diseño web	31
1.11.1.	Lenguajes para el diseño de una web.....	31
a)	Lenguaje HTML.....	31
b)	Lenguaje Javascript	32

c)	Lenguaje PHP	33
----	--------------------	----

CAPÍTULO II

2.	DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA CELDA DE CARGA	35
2.1.	Introducción.....	35
2.2.	Parámetros eléctricos de la tricicleta.....	35
2.3.	Orientación de la celda solar.....	36
a)	Orientación Desierto de Atacama	36
b)	Orientación Ecuador.....	36
2.4.	Características de la celda de carga.	36
2.5.	Cálculo del número de paneles solares.	37
2.5.1.	Alternativa 1. Paneles de 12 voltios	37
2.5.2.	Alternativa 2. Paneles de 24 voltios	38
2.5.3.	Selección de alternativa	38
2.6.	Selección de paneles solares.....	39
2.6.1.	Alternativa 1. Paneles de silicio monocristalino 24 voltios.....	39
2.6.2.	Alternativa 2. Matriz fotovoltaica ESPEL	40
2.6.3.	Selección de alternativa	41
2.7.	Cálculo de corriente generada por los paneles	41
2.8.	Cálculo del tiempo de carga de las baterías	42
2.9.	Selección del regulador de carga MPPT	43
2.9.1.	Corriente de entrada	43
2.9.2.	Tensión máxima de entrada.....	44
2.9.3.	Selección.....	44
2.9.4.	Implementación eléctrica.....	45
2.9.5.	Funcionamiento controlador TriStar TS-60	50
a)	Botón pulsador	50
b)	Indicaciones de los leds para el control de carga.....	51
2.10.	Diseño mecánico de la estructura de la celada de carga.....	51
2.10.1.	Parámetros de diseño de la estructura mecánica.	51
2.10.2.	Diseño mecánico.....	51
2.10.3.	Diseño de base principal.....	53
2.10.4.	Diseño de base secundaria y brazo extensor	54

2.10.5. Dimensionamiento de la bisagra y perfil de aluminio.	56
2.10.6. Ensamble diseño mecánico.	58
2.11. Análisis mecánico.....	59
2.11.1. Base principal.....	59
2.11.2. Base secundaria.....	61
2.12. Implementación de la celda de carga.....	64
2.12.1. Implementación de elementos mecánicos	64

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN.....	68
3.1. Introducción.....	68
3.2. Parámetros de diseño del sistema de navegación.....	68
3.2.1. Creación de una ruta de seguimiento.....	68
3.2.2. Localización del vehículo “Tricicleta” en el mapa.	68
3.2.3. Medición del porcentaje de las baterías del vehículo “Tricicleta”	69
3.3. Componentes del sistema de navegación.....	69
3.3.1. Hardware.....	69
a) Adquisición de datos	69
b) Procesamiento de datos.....	69
c) Regulador de voltaje (5 V).....	70
d) Activación del modem GPRS	71
3.3.2. Software	71
a) Programación interfaz gráfica	71
b) Programación microcontrolador	71
3.4. Diseño página web.....	71
3.4.1. Diagrama de flujo de la programación página web.	71
3.4.2. Implementación página web.....	73
a) Almacenamiento de datos en el servidor	73
b) Carga del código en el servidor.....	76
3.5. Diseño de hardware del sistema de navegación.....	77
3.5.1. Diagrama de flujo de la programación microcontrolador ATMEGA.	78
3.5.2. Comandos AT utilizados para la programación.....	85
3.5.3. Diseño electrónico del hardware del sistema de navegación.....	87

a)	Descripción de componentes	87
3.5.4.	Diseño de la placa del Hardware	89
3.5.5.	Implementación de la placa para el hardware	90
3.6.	Implementación de la tarjeta SIM908	92
3.6.1.	Tarjeta SIM908 GSM, GPS, GPRS	92
a)	Entrada de alimentación	92
b)	Interruptor de encendido	93
c)	Antenas	93
d)	Interface TTL	93
e)	Botón de inicio	93
3.6.2.	Conexión de tarjeta SIM908	93
a)	Colocar tarjeta SIM	93
b)	Encendido de la tarjeta SIM908	94
c)	Recepción y envío de datos	95
3.7.	Implementación de la placa del microcontrolador ATMEGA	95
3.7.1.	Placa con el ATMEGA	96
a)	Interfaz de comunicación	96
b)	Lectura de voltaje de baterías	96
c)	Alimentación SIM908	96
d)	Enciende SIM908	97
e)	Entrada de batería externa	97
f)	Reinicio del sistema	97
3.7.2.	Presentación del Sistema de navegación	97
a)	Caja de proyecto	97

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y RESULTADOS	99
4.1.	Prueba del sistema de navegación	99
4.1.1	Tiempo de conexión	99
4.1.2	Error del sistema de navegación	99
4.2.	Prueba de la celda de carga	102
4.2.1	Datos de voltaje de paneles solares	103
4.2.2	Datos de voltaje de batería	103
4.2.3	Datos de corriente de carga	104

4.2.4	Tiempo de carga	105
4.3.	Autonomía de las baterías	105
4.4.	Validación de hipótesis.....	105

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
5.1.	Conclusiones.....	106
5.2.	Recomendaciones.....	107

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
---	------------

ANEXOS.....	111
--------------------	------------

Anexo 1. Informe del potencial solar ATACAMA

Anexo 2. Característica de los paneles solares

Anexo 3. Programación página web

Anexo 4. Programación microcontrolador

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Radiación solar anual Desierto de atacama	8
Figura 2. Vehículo Solar	8
Figura 3. Componentes de un sistema solar fotovoltaico.	12
Figura 4. Funcionamiento de una célula solar de silicio cristalino.....	13
Figura 5. Panel solar fotovoltaico monocristalino.....	14
Figura 6. Panel solar fotovoltaico policristalino.	14
Figura 7. Detalle de sección de modulo fotovoltaico.....	16
Figura 8. Intensidad vs voltaje de módulos fotovoltaicos según la temperatura.....	19
Figura 9. Asociación en serie módulos fotovoltaicos.	22
Figura 10. Modem sim 908 GSM, GPS, GPRS.....	29
Figura 11. Atmega 324	30
Figura 12. Panel solar SL 180-24M195	39
Figura 13. Matriz Fotovoltaica ESPEL	40
Figura 14. Radiación solar [W/m ²] Desierto Atacama	41
Figura 15. Diagrama eléctrico conexión en serie.	45
Figura 16. Funciones de los interruptores del DIP	46
Figura 17. Interruptor 1, habilitación control de carga.....	46
Figura 18. Interruptores 2 y 3, selección de autovoltaje.....	47
Figura 19. Algoritmos estándar para la carga de baterías.	48
Figura 20. Interruptores 4,5 y 6, algoritmo para baterías de litio.....	48
Figura 21. Interruptor 7, selección de modo de ecualización para baterías. 48	
Figura 22. Interruptor 8, selección de modo de reducción de ruido.	49
Figura 23. Diagrama de conexión controlador TriStar TS-60.....	49
Figura 24. Instalación controladora TriStar TS-60	50
Figura 25. Configuración de interruptores TriStar TS-60	50
Figura 26. Base celda de carga.	53
Figura 27. Base de la celda de carga a 0° y 90°	54
Figura 28. Vista lateral celda de carga con $\beta=15^\circ$	54
Figura 29. Extensión del brazo.	55
Figura 30. Base con brazo extensor.	55

Figura 31. Bisagra tipo pistón.	56
Figura 32. Unión panel y bisagra tipo pistón.....	56
Figura 33. Unión paneles y Bisagra tipo libro	57
Figura 34. Bisagra tipo libro.	57
Figura 35. Bisagra y perfil de aluminio.....	58
Figura 36. Ensamble diseño celda de carga $\beta=0^\circ$	58
Figura 37. Ensamble diseño celda de carga $\beta=15^\circ$	58
Figura 38. Propiedades de la base	59
Figura 39. Análisis mecánico de la base.....	59
Figura 40. Análisis estático de la base.....	60
Figura 41. Propiedades mecánicas de la base secundaria.....	61
Figura 42. Análisis mecánico de la base secundaria.	62
Figura 43. Análisis estático de la base secundaria.	62
Figura 44. Cara frontal panel solar SL 180-24M195	64
Figura 45. Cara posterior panel solar SL 180-24M195	64
Figura 46. Bisagra utilizada en la celda de carga	64
Figura 47. Ubicación del perfil y bisagra en el panel solar.....	65
Figura 48. Ensamble paneles, perfiles y bisagra.	65
Figura 49. Base de la celda de carga.	66
Figura 50. Ubicación de una base sobre el panel solar	66
Figura 51. Celda de carga con inclinación $\beta=0^\circ$	67
Figura 52. Celda de carga con inclinación $\beta=15^\circ$	67
Figura 53. Tarjeta SIM908 GSM, GPS, GPRS.....	69
Figura 54. Atmega 324	70
Figura 55. Regulador de voltaje	70
Figura 56. Diagrama de flujo- página web	72
Figura 57. Diagrama de flujo función autoubica - página web	73
Figura 58. Ventana de administración del hosting.	74
Figura 59. Creación de nueva tabla en el hosting.....	74
Figura 60. Tabla rutagps.....	75
Figura 61. Tabla rutagps-mapa.....	75
Figura 62. Fillezilla - Gestor de sitios	76
Figura 63. Conexión con la base de datos del hosting.	77

Figura 64. Página web	77
Figura 65. Programa principal.....	78
Figura 66. Comprobación de señal GSM en SIM908.....	79
Figura 67. Activa GPS	80
Figura 68. Verifica el estado de conexión GPRS.....	81
Figura 69. Verificación de IP	82
Figura 70. Configuración y comunicación con el servidor.....	83
Figura 71. Limpia y comprueba lo de la comunicación	84
Figura 72. ISIS PROTEUS - Diseño electrónico	87
Figura 73. Regulador de voltaje 5 V.....	87
Figura 74. Relé de activación modem GPRS	88
Figura 75. Entrada para lectura analógica.	88
Figura 76. Leds Indicadores	88
Figura 77. Diagrama del microcontrolador.....	89
Figura 78. Diseño PCB de la placa.	89
Figura 79. Diseño 3D placa hardware.....	90
Figura 80. Ataque químico.	90
Figura 81. Suelda de componentes	91
Figura 82. Primer Prototipo - Hardware	91
Figura 83. Placa utilizada en el sistema de navegación	91
Figura 84. Partes de la tarjeta SIM908	92
Figura 85. Colocación del Chip.....	94
Figura 86. Posición de encendido del switch.	94
Figura 87. Cables para el encendido.	94
Figura 88. Alimentación de la tarjeta SIM908	95
Figura 89. Interfaz TTL para la comunicación.....	95
Figura 90. Conexiones de la tarjeta del microcontrolador ATMEGA.....	96
Figura 91. Batería externa para el sistema de navegación.....	97
Figura 92. Sistema de navegación.....	98
Figura 93. Localización de computadora portátil.....	100
Figura 94. Latitud y longitud de la PC portátil	100
Figura 95. Localización del sistema de navegación.....	101
Figura 96. Latitud y longitud del sistema de navegación	101

Figura 97. Diferencia entre las localizaciones.....	102
Figura 98. Voltaje de paneles solares.....	103
Figura 99. Voltaje de la batería.....	104
Figura 100. Corriente de carga.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar Latacunga Ecuador	7
Tabla 2. Características Técnicas de las baterías de la Tricicleta	35
Tabla 3. Características módulos fotovoltaicos 24 voltios.....	39
Tabla 4. Características de la matriz fotovoltaica ESPEL	40
Tabla 5. Valores calculados de corriente ISC. G , en base a la radiación solar en el Desierto Atacama.	42
Tabla 6. Tiempo de carga de baterías en horas y minutos.	43
Tabla 7. Características técnicas MPPT TrisTar TS60.	44
Tabla 8. Combinaciones para selección de voltaje de trabajo	47
Tabla 9. Combinaciones para selección de voltaje de trabajo	52
Tabla 10. Datos para el cálculo de factor de seguridad	60
Tabla 11. Datos para el cálculo de factor de seguridad base secundaria....	63
Tabla 12. Comandos AT	85
Tabla 13. Tiempo de conexión.....	99

RESUMEN

El trabajo de titulación consiste en investigar cómo está constituida una celda de carga eléctrica y un sistema de navegación, cuáles son sus principales componentes, cómo optimizar su funcionamiento, se dimensionará e implementará una celda de carga eléctrica en base a energía solar y un sistema de navegación para una TRICICLETA, este sistema se hará en base al reglamento de la carrera Atacama Solar Challenge 2016 (ASC). Uno de los resultados de esta investigación determinó el tipo de paneles solares óptimos para la celda, basándose en la incidencia solar, aprovechando al máximo la energía irradiada por el sol para transformarla en energía eléctrica y ésta celda de carga será capaz de abastecer “Recargar”, la fuente de alimentación de la TRICICLETA en cuestión, en el menor tiempo posible teniendo en cuenta el concepto de eficiencia energética. Para el sistema de navegación se investigó la forma o manera más adecuada de crear una aplicación con la mejor interacción con el usuario, ésta permite colocar la ruta a seguir, y además el usuario tendrá acceso a la información del estado de la fuente de alimentación.

PALABRAS CLAVE:

- **TRICICLETA**
- **ENERGÍA SOLAR**
- **PANELES SOLARES**
- **VEHÍCULOS SOLARES**

ABSTRACT

The titling work consists of investigating how an electric charge cell and a navigation system are constituted, what are its main components, how to optimize its operation, will be designed and implemented an electric charge cell based on solar energy and a system of Navigation for a TRICYCLE, this system will be based on the rules of the Atacama Solar Challenge 2016 (ASC) race. One of the results of this research will determine the type of solar panels optimum for the cell, based on solar incidence, making the most of the energy radiated by the sun to transform it into electrical energy and this load cell will be able to supply "Recharge", The power source of the TRICYCLE in question, in the shortest possible time taking into account the concept of energy efficiency. For the navigation system, will investigate the most appropriate way or way to create an application with the best interaction with the user, this will allow to place the route to follow, and also the user will have access to the information of the state of the power supply.

KEYWORDS:

- **TRICICLE**
- **SOLAR ENERGY**
- **SOLAR PANELS**
- **SOLAR VEHICLES**

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

En la actualidad existe la tendencia a usar energías alternativas amigables con el medio ambiente, según el Plan del Buen Vivir 2013 - 2017 en el objetivo 11 señala la utilización de recursos naturales transformando fuentes primarias de energía, tales como combustibles crudos, energía solar, eólica, geotérmica o hídrica en energía eléctrica, las industrias van migrando paulatinamente como es el caso de la industria automovilística, desarrollando vehículos 100% eléctricos o híbridos, en los cuales la fuente de alimentación está constituida por paneles solares, viabilizando una alternativa ecológica y económica para el transporte de las personas en ciudades donde se aprecia grandes niveles de radiación solar.

En La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga se ha diseñado y construido anteriormente un prototipo de un vehículo híbrido “Energía Solar Y Tracción Humana”, este vehículo participó en la carrera Atacama Solar Challenge 2014.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Atacama Solar Challenge (ASC) es la primera carrera de autos solares de Latinoamérica con sede en Chile, que busca fomentar el desarrollo de ésta tecnología en Latinoamérica y el mundo. La superación y el nivel académico incentiva a crear un nuevo diseño de una Tricicleta, este diseño tendrá un módulo solar independiente que permita recargar las baterías, tomando como referencia el reglamento de la carrera, se investigará la forma más eficiente de aprovechar la energía solar en una celda de carga eléctrica, transportable, capaz de cargar la fuente de alimentación de la Tricicleta con la mejor

eficiencia energética , a la vez investigar la creación de una aplicación que permita estimar el estado de las baterías y mostrar la ubicación y la ruta que sigue el vehículo “sistema de navegación”.

1.1.2. Justificación e importancia.

Hoy en día se ha desarrollado nuevas alternativas con respecto a la generación de energía eléctrica, aprovechando principalmente la irradiación solar por medio de paneles solares, que permiten la obtención de electricidad a partir de la energía irradiada por el sol, para utilizar en aplicaciones domésticas hasta industriales.

Es muy importante contar con medios de transporte de fácil acceso y amigables con el medio ambiente en las ciudades donde existe mayor contaminación, una TRICICLETA de impulsión humana y solar nos brinda esta posibilidad sobre todo en condiciones de radiación solar alta.

La investigación sobre un sistema de navegación celda de carga de energía eléctrica mediante paneles solares para una TRICICLETA, en base a los reglamentos de la carrera Atacama Solar Challenge 2016, dará como resultado la obtención un sistema eléctrico con la mejor eficiencia energética, capaz de competir con otros países poniendo a la Universidad a niveles internacionales.

1.1.3. Objetivos del proyecto.

a. Objetivo general

- Investigar, diseñar e implementar un sistema de navegación y celda de carga eléctrica con energía solar para una tricicleta híbrida, en base a los reglamentos de la competencia atacama solar challenge 2016”

b. Objetivos específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas y páginas web certificadas acerca de sistemas de navegación y celdas cargas eléctricas existentes en el país.
- Investigar el funcionamiento de una celda de carga eléctrica, y cuáles son los efectos de usar la energía solar sobre otros tipos de energía o combustibles.
- Seleccionar los componentes idóneos para el sistema de carga de energía en base la investigación realizada.
- Implementar el sistema de carga con los componentes seleccionados.
- Investigar los métodos de interacción entre aplicación y usuario, elegir el método adecuado para el sistema de navegación.
- Diseñar el sistema de navegación con todos los lineamientos necesarios para el vehículo.
- Implementar la aplicación para el sistema de navegación en una página web para su funcionamiento.
- Efectuar pruebas de funcionamiento a las dos partes implementadas y de ser necesario corregir fallas resultantes.

1.1.4. Hipótesis.

La investigación permitirá diseñar e implementar un sistema de navegación y una celda de carga eléctrica con energía solar que permitirá recargar las baterías de la Tricicleta, cuando la batería lo necesite en un tiempo de 1 hora 30 minutos en un día soleado.

1.1.5. Variables de la investigación.

a. Variable independiente

- Reglamentos de la competencia Atacama Solar Challenge 2016”

b. Variable dependiente

- Sistema de navegación y celda de carga eléctrica con energía solar

1.2. Atacama solar Challenge

La Carrera Solar Atacama es la primera competencia de vehículos solares de Latinoamérica. Se lleva a cabo en el Desierto de Atacama, el más árido del mundo que cuenta con los niveles de irradiación solar más altos del planeta, además de una geografía imponente. 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. (Atacama, 2016, pág. 1).

a. Reglamentos carrera Atacama Solar Challenge 2016

- La estación de carga que capta la irradiación solar debe tener una superficie máxima de 6 [m²] de celdas fotovoltaicas de silicio (con una eficiencia 22,8% o menor). En caso de contar con celdas fotovoltaicas de galio arsénico (eficiencia superior al 22.8%) la superficie de las celdas no debe ser mayor a 3 [m²].
- El resto del diseño de la estación de carga queda a criterio del equipo.
- La estación de carga podrá ser transportada entre ambos vehículos escoltas. (Atacama, 2016, pág. 14).

1.3. La energía solar.

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos

formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). (Recio, 2010)

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la potencia incidente por unidad de área, que alcanza a la tierra su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado). Otra es la irradiación que mide la energía incidente por unidad de superficie en un determinado periodo de tiempo y su unidad es Wh/m^2 (vatio hora por metro cuadrado). Aunque la irradiancia son magnitudes físicas distintas coinciden numéricamente cuando la unidad de tiempo es la hora. La irradiación se puede medirse por ejemplo en Wh/m^2 Día.

a) Radiación horizontal, normal y en un plano inclinado

Se le denomina radiación normal incidente, a la radiación recibida en una superficie perpendicular a los rayos provenientes del sol. Para recibir la radiación normal durante todo el día, es necesario que la superficie receptora se mueva de este a oeste siguiendo la posición del sol. Si la superficie que recibe la radiación está horizontal, es decir, perpendicular al radio de la tierra, se le denomina radiación horizontal.

Usualmente, es más sencillo recolectar la energía solar en una superficie que no se mueva a lo largo del día, pero se intenta encontrar un ángulo de inclinación para la superficie receptora tal que se optimice la cantidad de radiación recibida durante el día y/o el año, a esto se le denomina radiación incidente en un plano inclinado. (UCHILE, 2016, pág. 2).

1.3.1. Orientación de paneles solares

El módulo captará más energía si está orientado "de cara" al sol. Es decir, perpendicular a la recta que une la posición de la instalación con el sol. Pero el sol no está quieto, y esto obliga, en instalaciones sin seguimiento solar a buscar algún criterio para determinar la orientación del módulo. La orientación se determinada por dos ángulos, el acimut α (ángulo que mide la desviación

respecto al sur en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur) y la inclinación o elevación β (ángulo formado por la superficie del módulo y el plano horizontal).

a) Acimut

En general conviene tener el módulo girado hacia el ecuador terrestre (es decir, hacia el Sur en el Hemisferio Norte, hacia el Norte en el Hemisferio Sur) para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación posible.

b) Inclinación

Acimut es la inclinación del panel, que se expresa como el ángulo beta β . Se pueden dar a los paneles dos inclinaciones, una para los meses de verano y otra para los meses de invierno, pero en ese caso también se complican las estructuras soporte, por lo que sólo tiene sentido si hay un incremento considerable del consumo durante el verano.

Así pues, suele fijarse un β que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Este criterio se traduce en:

- Para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, es preferible optimizar la instalación para captar máxima radiación durante los meses invernales. Se utilizan inclinaciones iguales al valor absoluto de la latitud del lugar (ángulo Φ) incrementado en 10° .

$$\beta = |\Phi + 10^\circ| \quad \text{Ecuación 1. 1}$$

- Para instalaciones con consumos inferiores en invierno puede utilizarse como inclinación el valor de la latitud del lugar. Se optimiza, así, para los meses de primavera y otoño ($\beta = |\Phi|$).
- Para instalaciones que sólo se usen en verano, conviene emplear un ángulo igual a la latitud en valor absoluto menos 10° .

$$\beta = |\Phi - 10^\circ| \quad \text{Ecuación 1. 2}$$

En cualquier caso, se recomienda que la inclinación del panel nunca sea menor que 15°. (Marianela & Luis, 1999).

1.3.2. Radiación solar 2015 Latacunga-Ecuador.

En la tabla 1 se muestra la radiación solar correspondiente a Latacunga Ecuador obtenida de: NASA Surface meteorology and Solar Energy.

Tabla 1.

Radiación solar Latacunga Ecuador

Mes	Radiación Solar [KWh/m²/día]
Enero	4.14
Febrero	4.35
Marzo	4.55
Abril	4.33
Mayo	4.12
Junio	4.02
Julio	4.27
Agosto	4.46
Septiembre	4.27
Octubre	4.24
Noviembre	4.30
Diciembre	3.98

Fuente: (Stackhouse, s.f.)

1.3.3. Radiación solar 2015 Desierto de Atacama-Chile

La información acerca de la radiación solar del Desierto de Atacama-Chile es la siguiente, Ver figura 1, Informe completo Anexo 1 (UCHILE, Explorador de Energía Solar, 2016)

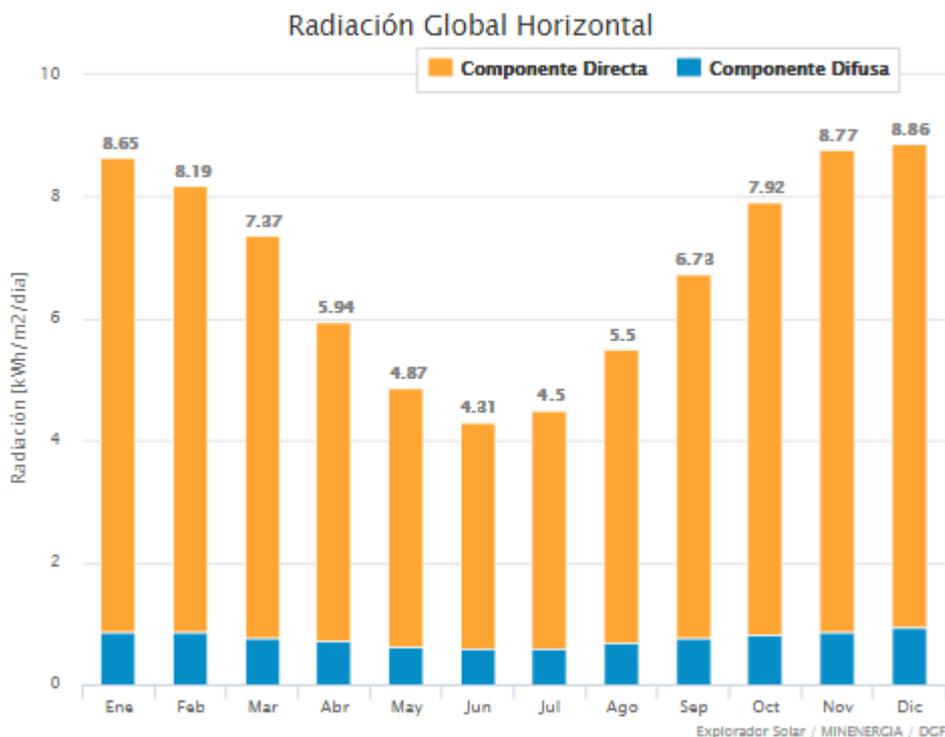


Figura 1. Radiación solar anual Desierto de atacama

Fuente: (UCHILE, Explorador de Energía Solar, 2016)

1.4. Vehículos solares

Son aquellos vehículos, ver figura 2 que aprovechan la radiación solar para, utilizando unos paneles, conseguir la electricidad necesaria como para mover el vehículo. Funcionan mediante unas baterías que acumulan la energía solar; sin embargo, no son muy eficientes y ocupan demasiado espacio. (Vidal, Más, & Gonzáles, s.f, pág. 242).

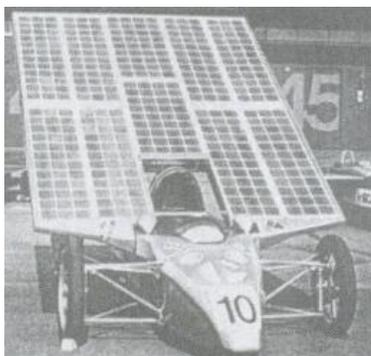


Figura 2. Vehículo Solar

Fuente: (Larrodé, 1997, pág. 52)

1.4.1. Ventajas y desventajas de los vehículos solares

El principio de funcionamiento de los vehículos movidos por energía solar es muy sencillo: La placa solar transforma la energía y la transmite a la batería y un controlador de energía regula la velocidad del motor.

El bajo rendimiento de las células solares actuales, de alrededor de un 12%, condiciona el desarrollo de estos vehículos, los automóviles impulsados por motores de gasolina en sus principios tampoco brillaban por sus prestaciones, hasta el punto que resultaba impensable conseguir velocidades superiores a los 60 Km/h. (Larrodé, 1997, pág. 51)

1.4.2. Componentes de un vehículo solar.

El esquema simplificado de un automóvil eléctrico consta de los siguientes sistemas: (Larrodé, 1997, pág. 34)

- Sistema motorizado.
- Sistema de control.
- Sistema de alimentación.
- Sistema de transmisión – traslación.
- Carrocería y chasis.
- Sistema de elementos auxiliares

a) El sistema de motorización

Se compone del motor o los motores que accionan el vehículo. Dependiendo de las características del vehículo y de las prestaciones que se le quieran conferir, se elegirán entre los diferentes tipos de motores. Existe la posibilidad además de introducir además del motor o motores eléctricos, un motor térmico, en el caso de automóviles híbridos. La elección del tipo de motor eléctrico va a ser función de las prestaciones del vehículo y del control seleccionado.

b) El sistema de control

Está íntimamente ligado a la elección del motor que se haya realizado, pudiéndose complicar más o menos en función de éste. Su misión es la de suministrar la energía necesaria al motor y regular su funcionamiento, tanto en velocidad como en potencia y par requeridos según las circunstancias.

c) El sistema de alimentación

Se compone de las baterías de tracción y del cargador. Las baterías es un punto muy decisivo a la hora de realizar el diseño del automóvil, es necesario, conocer la energía que son capaces de ceder, lo que influye en la autonomía de vehículo, la potencia capaz de desarrollar, lo que influye en las prestaciones del mismo y del peso y volumen de estas. El cargador, debe ser flexible y puede ser incorporado al vehículo o no. En caso de estar incorporado al vehículo, no es necesario instalaciones especiales y basta con una toma de corriente doméstica.

d) El sistema de transmisión y traslación

Puede ser como el de un automóvil convencional, aunque dependiendo de cómo se realice el control del motor, es posible eliminar una serie de componentes. Así, por ejemplo, si el control es electrónico, no es necesario incorporar una caja de cambios mecánica, y según el número de motores eléctricos utilizados, es posible eliminar el diferencial. La marcha atrás es posible también eliminarla. Normalmente los componentes son la dirección, transmisión, caja de cambios y diferencial, ejes propulsores, ejes arrastrados, suspensión, frenos mecánicos y ruedas.

e) La carrocería y/o el bastidor

Puede ser de una sola pieza (carrocería auto portante), como en los automóviles actuales, o mediante un bastidor al cual se le incorpora un cerramiento de materiales ligeros.

f) Los sistemas auxiliares

Están formados por. La iluminación y señalización, circuitos de seguridad, interior y acabado, sistemas de refrigeración y calefacción, sistemas de navegación y baterías auxiliares. (Larrode, 1997, págs. 34-36).

1.5. Componentes de un sistema fotovoltaico

El proceso de los sistemas solares fotovoltaicos es el siguiente:

La luz solar incide sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos, donde es convertida en energía eléctrica de corriente continua (generador fotovoltaico).

Posteriormente esta energía es recogida y conducida hasta un sistema de regulación de carga (regulador) con la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el sistema de acumulación (batería) en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y descargas profundas. Esta energía almacenada se utiliza para abastecer las cargas durante la noche, en días de baja insolación o cuando el sistema fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. (ICAI, 2015, pág. 2)

- Si las cargas a alimentar son de corriente continua, estas se alimentan directamente.
- Cuando las cargas son de corriente alterna, la energía es enviada a un inversor de corriente, en donde es convertida a corriente alterna (convertidor).

La figura 3 muestra los componentes de un sistema solar fotovoltaico que básicamente son:

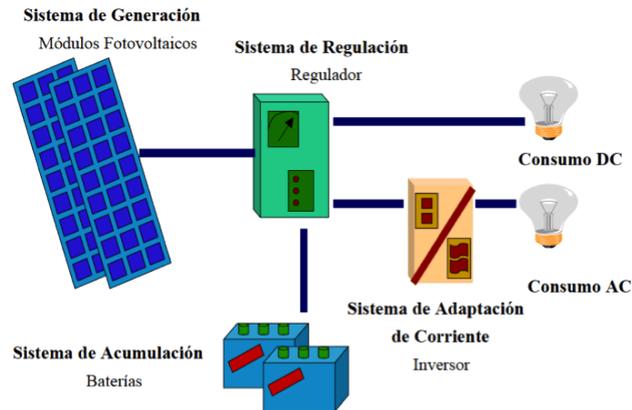


Figura 3. Componentes de un sistema solar fotovoltaico.

Fuente: (ICAI, 2015)

- Generador fotovoltaico
- Batería
- Regulador
- Convertidor

1.6. Celda fotovoltaica.

Las fotoceldas son dispositivos pequeños que producen una variación eléctrica en respuesta a un cambio en la intensidad luminosa. (Maloney, 2006, pág. 416)

La célula fotovoltaica suele estar formada por dos capas de semiconductores con dopados diferentes. La capa sobre la que incide la luz solar es de tipo N, dopada generalmente con fósforo: la capa inferior es tipo P, dopada con boro. Para poder extraer la energía generada por la luz solar en la célula es preciso conectarla eléctricamente. En la capa inferior se introduce generalmente una capa conductora de plata o de aluminio. La conexión de la capa superior debe dejar pasar la luz del Sol, con lo que se sitúa una conexión en forma de peine o de rejilla. Ver figura 4. En (1) se observa la separación de cargas: en (2), la recombinación de parte de ellas; en (3). cómo una parte de la energía luminosa no se utiliza, sino que atraviesa la célula sin producir separación de cargas; en (4). la reflexión y el efecto de

sombra causado por los contactos eléctricos de la cara visible de la célula. (Moro, 2010, pág. 34)

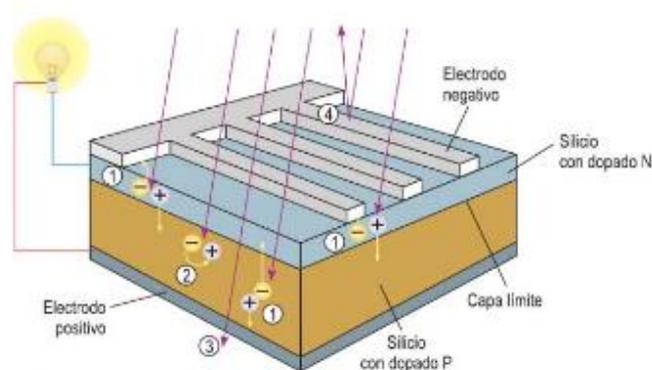


Figura 4. Funcionamiento de una célula solar de silicio cristalino

Fuente: (Moro, 2010)

1.6.1. Tipos de celdas fotovoltaicas

Las más comunes son las de silicio monocristalino, las de silicio policristalino y los módulos de capa fina. Junto con estos tres tipos, existen otros de carácter más o menos experimental, en ocasiones con rendimientos superiores, pero de presencia en el mercado muy reducida.

a) Células de silicio monocristalino

Las células de silicio monocristalino (Ver figura 5) poseen una estructura muy uniforme. Se fabrican en cilindros que posteriormente se cortan en obleas; su fabricación es lenta y consume mucha energía. Las mejoras en la eficiencia del silicio policristalino han hecho disminuir la presencia en el mercado de las células de monocristalino. Tradicionalmente más caro que el silicio policristalino. (Moro, 2010, pág. 35)



Figura 5. Panel solar fotovoltaico monocristalino.

Fuente: (Burgos, s.f.)

b) Células de silicio policristalino

Las células de silicio policristalino (Ver figura 6) tienen una estructura no uniforme; se fabrican en moldes rectangulares, y su coste de fabricación es menor que el del silicio monocristalino. Hoy en día la mayor parte de los paneles solares que se comercializan están formados por células de silicio policristalino. La eficiencia de las células de policristalino hasta hace unos años era sensiblemente más baja que la eficiencia de las de silicio monocristalino. Sin embargo, el rendimiento se ha ido igualando en el transcurso de los años. (Moro, 2010, pág. 35)



Figura 6. Panel solar fotovoltaico policristalino.

Fuente: (Burgos, s.f.)

1.6.2. Constitución de un módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico contiene un determinado número de células fotovoltaicas que combinadas adecuadamente y con elementos de protección, permiten generar una corriente eléctrica bajo parámetros de potencia (P), tensión [V] e intensidad (I). Entre las dos capas del semiconductor es donde se liberan los electrones y se produce la corriente eléctrica. (Roldán, 2011, pág. 177).

a) Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico, es una célula con dos zonas diferenciadas.

- Zona P, o positiva (+), por tener un electrón de enlace menos que el silicio. Al silicio de esta zona se le añaden impurezas de boro.
- Zona N, o negativa [-], por tener un electrón de enlace más que el silicio. Al silicio de esta zona se le añaden impurezas de fósforo.

Al incidir los fotones o radiación solar sobre el semiconductor se genera una fuerza electromotriz, con desplazamiento de los electrones de N hacia P.

b) Elementos principales del módulo fotovoltaico

- Caja protectora (envolvente).
- Células fotoeléctricas que son materiales semiconductores a base de silicio.
- Contactos metálicos polo (+) y polo (-).
- Bornero.
- Caja de protección.
- Tapa de cristal.
- Radiación solar. Fuente de energía.

En la figura 7, se puede ver el detalle de una sección de un módulo fotovoltaico.

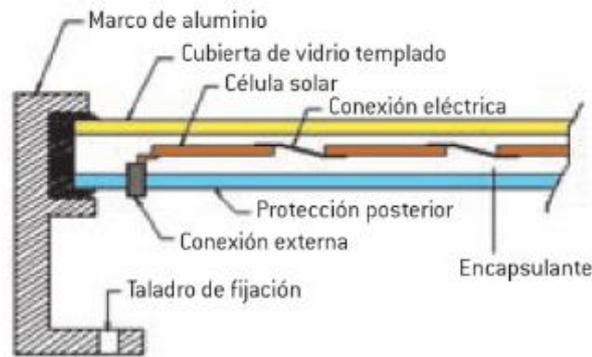


Figura 7. Detalle de sección de módulo fotovoltaico.

Fuente: (Roldán, 2011, pág. 177)

Para obtener tensiones más elevadas se conectan las células en serie y para aumentar el valor de la corriente, se agrupan las células en paralelo.

1.6.3. Parámetros técnicos de los paneles fotovoltaicos

Los principales parámetros que caracterizan a los paneles fotovoltaicos son: (ISF, 1999, págs. 61-64).

a) Corriente de cortocircuito I_{sc}

Es la máxima intensidad de corriente que proporciona el panel, y corresponde a la corriente que entrega cuando se conectan directamente los dos bornes.

b) Tensión de circuito abierto V_{oc}

Es el máximo voltaje que proporciona el panel, correspondiente al caso en que los bornes están "al aire".

c) Punto de máxima potencia

Existe un punto de funcionamiento ($I_{P_{max}}$ $V_{P_{max}}$) para el cual la potencia máxima entregada es $P_{max} = I_{P_{max}} * V_{P_{max}}$. Este es el punto de máxima potencia

en el panel y su valor se da en Vatios (W). Cuando trabaja en este punto, se obtiene el mayor rendimiento posible del panel. Sin embargo, no hay que olvidar que en la práctica la tensión de trabajo viene determinado por la batería o el convertidor DC/DC. Los valores típicos de I_{Pmax} y V_{Pmax} son algo menores a los de I_{sc} y V_{oc} .

d) Factor de forma FF

El factor de forma es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto $I_{sc} \cdot V_{oc}$. Da una idea de la calidad del panel porque es una medida de lo escarpada que es su curva característica, de forma que cuanto más se aproxima a la unidad, mayor potencia puede proporcionar. Los valores comunes suelen estar entre 0,7 y 0,8.

e) Eficiencia o Rendimiento η

Es el cociente entre la máxima potencia eléctrica que el panel puede entregar a la carga y la potencia de la radiación solar P_L incidente sobre el panel habitualmente en torno al 10%.

La forma para el cálculo de la eficiencia es la siguiente.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_L} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{P_L} \quad \text{Ecuación 1. 3}$$

Los valores de los suministra el fabricante refiriéndolos a condiciones estándar (CE) de medidas de uso generalizado:

Donde:

- Irradiancia $G(CE) = 1 \text{ kW} / \text{m}^2$
- A nivel del mar.
- Temperatura de las células $TC(CE)=25^\circ\text{C}$
- Distribución espectral correspondiente a una masa de aire 1.5.

Para otras condiciones de irradiancia G y temperatura T dichos valores cambian. A veces el fabricante incluye graficas o tablas con valores para condiciones distintas del estándar.

1.6.4. Influencia de la irradiancia solar

a) Potencia máxima de un módulo fotovoltaico

La potencia eléctrica suministrada por un módulo fotovoltaico depende de la irradiancia solar incidente. Cuanto menor es la irradiancia solar-menor es la potencia que puede entregar el módulo. La máxima potencia que puede entregar el módulo fotovoltaico en función de la irradiancia solar se puede obtener de forma aproximada mediante la expresión: (Mascarós, 2016, pág. 63).

$$P_{MPP,G} = P_{MPP} * \frac{G}{G_{STC}} \quad \text{Ecuación 1. 4}$$

Donde:

- $P_{MPP,G}$: Máxima potencia del módulo fotovoltaico, para una irradiancia solar G , en W.
- P_{MPP} : Máxima potencia del módulo fotovoltaico en condiciones estándar de medida, en W.
- G : Irradiancia solar recibida por el módulo fotovoltaico, en W/m.
- G_{STC} : Irradiancia solar en condiciones estándar de medida (1000 W/m²).

b) Corriente máxima de un módulo fotovoltaico

La tensión de circuito abierto varía poco con la irradiancia, aunque también decrece, a efectos prácticos se puede considerar constante. La corriente de cortocircuito de la célula es directamente proporcional a la irradiancia, disminuyendo a medida que se reduce la irradiancia. Siendo esta variación lineal acorde a la siguiente expresión:

$$I_{SC,G} = I_{SC} * \frac{G}{G_{STC}} \quad \text{Ecuación 1. 5}$$

Donde:

- $I_{SC}(G)$: intensidad de cortocircuito para una irradiación G (A)
- $I_{SC}(STC)$: intensidad de cortocircuito en condiciones CEM (A)
- G : irradiancia (W/m^2)

c) Efectos de la temperatura

La temperatura afecta de manera considerable a la tensión. Ver figura 8.

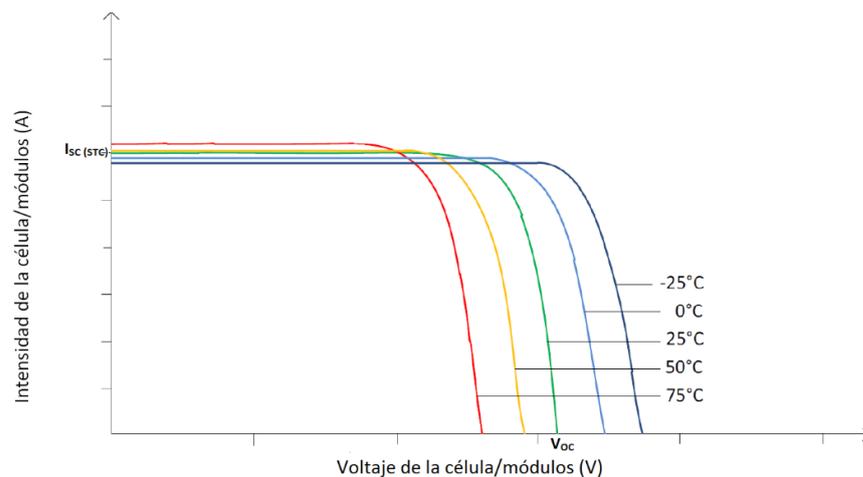


Figura 8. Intensidad vs voltaje de módulos fotovoltaicos según la temperatura

Fuente: (IngeLibre, 2014)

La tensión de la célula disminuye cuando aumenta la temperatura y la intensidad prácticamente se mantiene constante.

La temperatura de trabajo de una célula está íntimamente relacionada con la temperatura ambiente y la irradiancia y se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = T_a + G \frac{TONC - 20}{800} \quad \text{Ecuación 1. 6}$$

Donde:

- T_c : temperatura de trabajo de la célula (°C)
- T_a : temperatura ambiente (°C)
- TONC: temperatura de operación nominal de la célula (°C)
- G : irradiancia (W/m²).

El valor de la temperatura de operación nominal de la célula (TONC) es un parámetro que se obtiene de las hojas características de los módulos fotovoltaicos, toma valores que van de 43 a 49°C y si no se dispone de él se puede tomar 45°C como un valor razonable. (IngeLibre, 2014).

1.6.5. Criterios de selección de módulos fotovoltaicos

Se debe de tener en cuenta los siguientes criterios: (Mascarós, 2016, pág. 72).

a) Rendimiento o eficiencia.

El rendimiento del módulo es un dato que se debe considerar, sobre todo en aquellas aplicaciones con problemas de espacio. Mayores rendimientos suponen menores superficies del módulo para una misma potencia, aunque su coste es mayor.

b) Tolerancia de potencia máxima.

Los fabricantes ofrecen el valor de la potencia máxima que puede suministrar un módulo fotovoltaico al comienzo de la vida útil del módulo, junto con un valor de tolerancia. Algunos fabricantes ofrecen un margen de

tolerancia que puede ser negativo y positivo (por ejemplo. -5 %/+5 %). mientras que otros ofrecen tolerancia negativa nula (por ejemplo. 0 %/+5 %). Por ejemplo, para un módulo con una potencia inicial de 100 W. la potencia mínima garantizada al inicio de su vida útil es diferente si un fabricante nos ofrece una tolerancia de +5 % / -5 %. y otro fabricante nos ofrece una tolerancia de 0 % / +5 %.

c) Punto de trabajo del módulo fotovoltaico.

En una instalación aislada de red que utilice un regulador de carga sin seguimiento del punto de máxima potencia, el módulo fotovoltaico no va a trabajar a su máxima potencia, sino que su punto de funcionamiento lo va a fijar la tensión de la batería. Por tanto, no tiene sentido elegir un módulo fotovoltaico con una tensión V mucho más alta que la tensión de la batería, la potencia real suministrada por el módulo sería considerablemente menor que la máxima que podría conseguir.

d) Presupuesto.

El presupuesto disponible también podría ser un factor que puede condicionar la selección del fabricante y modelo de módulo fotovoltaico.

e) Garantía de potencia.

Con el paso de los años, la potencia máxima que puede proporcionar un módulo fotovoltaico va disminuyendo. Los fabricantes garantizan una potencia mínima en función del tiempo, que puede ser lineal o escalonada. Cuando se selecciona un módulo fotovoltaico. se debe valorar la pérdida de potencia en función del tiempo, así como el valor mínimo garantizado por el fabricante.

f) Garantía de defectos de fabricación.

Otro factor para tener en cuenta es también la cobertura de la garantía ofrecida. así como el límite de tiempo.

g) Características ambientales.

La ubicación de la instalación solar fotovoltaica puede condicionar las características de los módulos fotovoltaicos. En lugares con características meteorológicas adversas, se deben elegir los módulos fotovoltaicos de tal forma que sean capaces de soportar las condiciones ambientales: temperaturas extremas, cargas provocadas por fuertes vientos y por nieve, etc.

1.6.6. Asociación y conexión de paneles fotovoltaicos

Para conseguir incrementar los niveles de tensión, intensidad y potencia, los módulos fotovoltaicos se pueden asociar en serie, en paralelo o en configuración mixta (serie-paralelo). (Mascarós, 2016, págs. 73-74).

a) Asociación serie

Permite aumentar la tensión y la potencia eléctrica manteniendo el valor de la intensidad. Se denomina rama, string o cadena a un conjunto de módulos fotovoltaicos conectados en serie. Ver figura 9. Si se considera que todos los módulos son idénticos y trabajan en las mismas condiciones, la tensión eléctrica del generador fotovoltaico (V_{GF}) es igual al producto de la tensión de un módulo (V_{MF}) por el número de módulos conectados en serie (N_s). Mientras que la intensidad del generador fotovoltaico (I_{GF}) es igual a la intensidad suministrada por un módulo (I_{MF}).

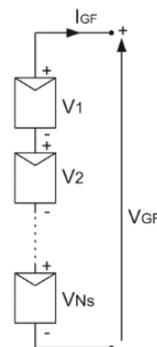


Figura 9. Asociación en serie módulos fotovoltaicos.

Fuente: (Mascarós, 2016, pág. 74)

$$V_{GF} = N_S * V_{MF} \quad \text{Ecuación 1. 7}$$

$$I_{GF} = I_{MF} \quad \text{Ecuación 1. 8}$$

1.7. Dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica.

Los dispositivos de almacenamiento de energía cumplen dos funciones importantes:

- Suministrar una potencia instantánea, o durante un tiempo limitado, superior a la que el campo de paneles podría generar en los momentos de máxima radiación.
- Hacer la función de estabilizador de tensión. Puesto que la tensión que producen los paneles varía en función de la intensidad radiante, lo que no es adecuado para el buen funcionamiento de los aparatos. Con el acumulador se consigue una tensión constante, dentro de un cierto rango, independiente de las radiaciones solares. (Fernández, 2010, pág. 39).

1.7.1. Tipos Baterías de Litio

Entre los principales tipos de baterías tenemos las siguientes: (EdC, 2016)

a) Baterías De Iones De Litio (LI-ION)

Dispone de un ánodo de grafito, mientras que el cátodo funciona a partir de óxido de cobalto, óxido de manganeso o trifilina. No permiten la descarga y son capaces de alcanzar potencias elevadas. Sin embargo, se ven afectadas por los cambios de temperatura.

b) Baterías De Polímero De Litio (LIPO):

Cuentan con características análogas a las baterías de iones de litio, aunque su densidad es mayor. Son de tamaño reducido por lo que suelen utilizarse en pequeños equipos.

1.7.2. Parámetros técnicos de las baterías

Los parámetros técnicos que caracterizan a las baterías son los siguientes: (Cantos, 2016, págs. 101-102).

a) Capacidad (C)

Es la cantidad de energía que puede proporcionar una batería, en amperios hora (Ah). Este parámetro viene determinado por el producto de la intensidad de descarga por el tiempo en el que ocurre este proceso.

b) Tensión nominal (V_n)

Los valores de tensión nominal habituales en baterías individuales son 2, 6, 12 y 24 V. La tensión de trabajo difiere ligeramente de estos valores dependiendo del momento en el que se encuentre el proceso de carga o descarga.

c) Tensión de carga (V_{car})

Es el valor de la tensión necesario para que pueda cargarse la batería, que es algo superior a su tensión nominal, con el objetivo de vencer la resistencia que opone el proceso de carga.

d) Profundidad de descarga (P_d)

Es la cantidad, en porcentaje, que se ha descargado una batería, y se obtiene como la relación entre la energía suministrada desde el estado de plena carga (en Ah) y su capacidad. La vida útil de las baterías aumenta cuanto menos profundos sean los procesos de descarga. Dicha vida útil suele

ser de, al menos 1000 ciclos de carga y descarga para una profundidad del 50 %, aunque depende del tipo de batería.

e) Ciclos de vida

Se trata del número de procesos de carga y descarga que admite una batería manteniendo sus características de operación. Es una medida de la vida útil, pudiendo alcanzar mayor número de ciclos si las profundidades de descarga son menores.

f) Eficiencia de carga (η_{car}):

Es la relación entre la energía extraída de una batería en su descarga y la energía necesaria para cargarla. Se expresa en porcentaje.

g) Autodescarga (A):

Es la pérdida de energía, en porcentaje, por reacción entre los materiales de la batería en condiciones de circuito abierto, es decir, sin cargas conectadas. Depende del tipo de batería y de la temperatura, aumentando con esta. Este valor suele encontrarse entre el 0,5 % y el 1 % de su capacidad nominal por día. a 25 °C.

1.7.3. Efecto de la temperatura en las baterías

La capacidad de una batería de depender de la velocidad de descarga, también depende de la temperatura, la vida útil también se ve afectada por la temperatura.

- La capacidad de una batería suele venir especificada a 25 °C y disminuye un 10 % por cada 10 °C que se reduce su temperatura (o aumenta un 10 % por cada 10 °C de aumento de temperatura).

- La vida útil de una batería, respecto a una temperatura de 25 °C, disminuye un 20 % si su temperatura es de 30 °C y disminuye un 40 % si su temperatura es de 35 °C. (Cantos, Parametros técnicos de las baterías, 2016, pág. 102)

1.8. Regulador de carga (MPPT).

El regulador es un dispositivo que gracias al microprocesador que incorporan, controlan los procesos de carga y descarga de las baterías, realizando principalmente las siguientes funciones:

- Protección contra sobrecarga de las baterías: cuando las baterías se están cargando y llegan al punto de plena capacidad, el regulador actúa limitando la corriente que les entra para evitar que se dañen.
- Protección contra sobredescargas de las baterías: cuando se alcanza un valor máximo establecido para el proceso de descarga, el regulador desconecta las baterías de los consumos para evitar que se produzca una excesiva profundidad de descarga, que suele limitarse al 80 % aunque depende de la profundidad que admitan las baterías.
- Registran valores relativos al funcionamiento de la instalación, como la tensión, la intensidad, el estado de carga de las baterías, etcétera.
- Algunos reguladores disponen de dispositivos de protección contra sobretensiones y sobre-intensidades. (Cantos, 2016, pág. 55)

1.8.1. Dimensionamiento de los reguladores

Para dimensionar correctamente el regulador de carga se debe determinar la intensidad máxima de entrada procedente del generador fotovoltaico, la intensidad máxima de salida en la línea de consumos, la máxima tensión de entrada y la tensión nominal de trabajo del sistema de acumulación de energía. El regulador de carga elegido debe ser capaz de funcionar a la tensión nominal de trabajo, la cual se corresponde con la tensión de las baterías.

a) Intensidad máxima de entrada

La intensidad de entrada al regulador de carga es suministrada por el generador fotovoltaico. Por tanto, la intensidad máxima de entrada procedente del generador tendrá lugar cuando se encuentre conectado en cortocircuito. Se calcula como el producto de la intensidad en cortocircuito de un módulo fotovoltaico (I_{sc}) por el número de ramas en paralelo (N_P) y por un coeficiente de 1.20-1.25. que contempla las posibles variaciones de la irradiancia solar y de la temperatura de las células fotovoltaicas con respecto a las condiciones estándar de medida. (Mascarós, Funcionamiento de los reguladores , 2016, pág. 112)

$$I_{ENTRADA} = I_{SC.GFV} = 1.25 * I_{SC} * N_P \quad \text{Ecuación 1. 9}$$

b) Intensidad máxima de salida

Para determinar la intensidad máxima de salida en la línea de consumo se distinguen dos situaciones diferentes en función de la conexión del inversor que alimenta a las cargas de corriente alterna: (Mascarós, Funcionamiento de los reguladores , 2016, págs. 112-113).

- No hay cargas en corriente alterna o bien el controlador se encuentra conectado directamente a las baterías. Cuando el controlador se conecta directamente a las baterías. Es habitual aplicar un coeficiente de seguridad de un 20 %-25 %, utilizando el factor 1.20 - 1.25.

$$I_{SALIDA} = 1.25 * \frac{P_{CC}}{V_N} \quad \text{Ecuación 1. 10}$$

Donde:

I_{SALIDA} : intensidad de salida que debe ser capaz de suministrar el regulador de carga, en A.

V_N : tensión nominal de la instalación, en V.

P_{CC} : potencia máxima de las cargas en corriente continua susceptibles de funcionar simultáneamente a la tensión nominal, en W.

- Otro factor a tener en cuenta es la tensión máxima de entrada en la línea de generación procedente del generador fotovoltaico. La tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico no debe superar la máxima tensión de entrada del regulador.

1.9. Sistema GPS

El término GPS proviene de la abreviación de NAVSTAR GPS, que son las siglas en inglés de “Navigation System with Timing and Ranging Global Positioning System,” es decir, sistema de posicionamiento global y sistema de navegación con sincronización de tiempo y medición de distancia.

Desde sus inicios, el sistema fue diseñado tanto para su uso principal militar como para su uso de aplicaciones civiles. En aquellos momentos iniciales del sistema, posiblemente se pensó que los topógrafos, cartógrafos y geodestas serían sus principales usuarios, sin siquiera llegar a imaginar la cantidad de aplicaciones y diversidad de usuarios que se podrían llegar a desarrollar en el futuro.

1.9.1. Características del sistema GPS

- La precisión en la medida debería tener un error de 5 a 20 metros, relativa y repetible.
- La exactitud debería ser previsible con un error de 15 a 30 metros.
- El tiempo para obtener la posición debería ser instantáneo, es decir, lo que se denomina tiempo real, para las precisiones requeridas.
- El posicionamiento debería ser posible las 24 horas de los 365 días del año.
- Y la cobertura del sistema debería ser global.

1.9.2. Arquitectura del sistema GPS

La arquitectura del sistema GPS consta de tres conjuntos de equipos o sistemas denominados segmentos, que están claramente diferenciados:

- El segmento espacial: formado por los satélites que están en órbita y que difunden las señales de navegación.
- El segmento terreno: formado por las infraestructuras en tierra que permiten controlar el funcionamiento de los propios satélites y preparar y suministrar los datos de navegación que serán transmitidos por los satélites.
- El segmento usuario: está constituido por todos los equipos receptores en tierra, mar o aire que reciben la señal de los satélites y la utilizan para posicionarse o navegar, y dan lugar a las diferentes aplicaciones. (Olmedillas, 2012, págs. 35-36).

1.9.3. Modem sim 908 GSM, GPS, GPRS

SIM908 es un módulo completo / GPRS de banda cuádruple GSM, que combina la tecnología GPS para la navegación por satélite. Posee una función de interfaz y el GPS estándar de la industria, que permite un seguimiento completo en cualquier lugar y en cualquier momento con cobertura de la señal. Libre Antena GSM y antena GPS. Ver figura 10 (ELECTRONICS, s.f.).

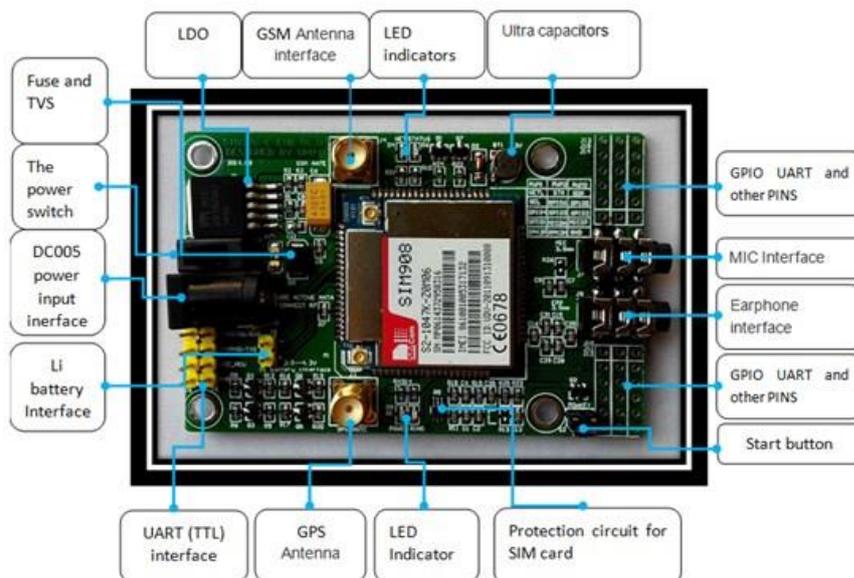


Figura 10. Modem sim 908 GSM, GPS, GPRS.

Fuente: APM Micro

Características:

- Dual SMA Conector de antena para GSM y GPS.
- Puerto serial dual para el estándar GSM y GPS GSM Comandos AT,
- El protocolo NMEA GPS,
- Red y anillo de LED,
- Robusto de tarjetas SIM Holder.

1.9.4. Atmega 324

Atmel picoPower 8 bits microcontrolador RISC AVR combina memoria flash de 32 KB ISP con capacidades de lectura, mientras que de lectura-escritura, de 1 KB de EEPROM, 2 KB de SRAM, líneas 32 propósito general de E / S, de 8 canales / 10 bits convertidor A / D con la etapa de entrada diferencial opcional con ganancia programable, temporizador de vigilancia programable con oscilador interno, puerto serie SPI, JTAG (IEEE 1149.1). El dispositivo opera entre 2.7-5.5 voltios, ver figura 11.

Mediante la ejecución de instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, el dispositivo alcanza rendimientos se acerca a 1 MIPS por MHz, equilibrar el consumo de energía y la velocidad del procesador. (Microchip-ATMEL, s.f.)

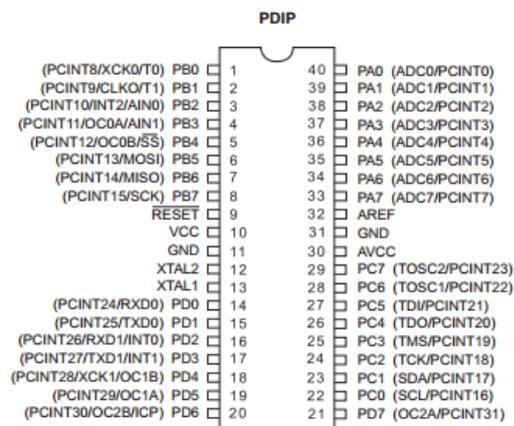


Figura 11. Atmega 324

Fuente: (Microchip-ATMEL, s.f.)

1.10. Interface con el usuario

Esta parte de la comunicación es la que se encarga de gestionar la comunicación con el usuario. Sus funciones principales son la presentación de información especialmente relevante en el monitor y recogida de los datos introducidos por el usuario, los cuales formalizan los parámetros necesarios en un mensaje. (López & González, 1996).

1.10.1. Características básicas

- Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso
- Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción (fondo)
- El objeto de interés ha de ser de fácil identificación
- Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de acciones e iconos de fácil acceso
- Las interacciones se basarán en acciones físicas sobre elementos de código visual o auditivo (iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación...) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes
- Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con efectos inmediatos
- Existencia de herramientas de Ayuda y Consulta
- Tratamiento del error bien cuidado y adecuado al nivel de usuario. (Lapuente, 2013).

1.11. Diseño web

1.11.1. Lenguajes para el diseño de una web

a) Lenguaje HTML

Desde el surgimiento de internet se han publicado sitios web gracias al lenguaje HTML. Los archivos pueden tener las extensiones (htm, html).

Ventajas:

- Sencillo que permite describir hipertexto.
- Texto presentado de forma estructurada y agradable.
- No necesita de grandes conocimientos cuando se cuenta con un editor de páginas web o WYSIWYG.
- Archivos pequeños.
- Despliegue rápido.
- Lenguaje de fácil aprendizaje.
- Lo admiten todos los exploradores.

Desventajas:

- Lenguaje estático.
- La interpretación de cada navegador puede ser diferente.
- Guarda muchas etiquetas que pueden convertirse en “basura” y dificultan la corrección.
- El diseño es más lento.
- Las etiquetas son muy limitadas.

b) Lenguaje Javascript

Este es un lenguaje interpretado, no requiere compilación. Utilizado principalmente en páginas web. Es similar a Java, aunque no es un lenguaje orientado a objetos, el mismo no dispone de herencias. La mayoría de los navegadores en sus últimas versiones interpretan código Javascript.

Ventajas:

- Lenguaje de scripting seguro y fiable.
- Los scripts tienen capacidades limitadas, por razones de seguridad.
- El código Javascript se ejecuta en el cliente.

Desventajas:

- Código visible por cualquier usuario.
- El código debe descargarse completamente.
- Puede poner en riesgo la seguridad del sitio, con el actual problema llamado XSS.

c) Lenguaje PHP

Es un lenguaje de programación utilizado para la creación de sitio web. PHP es un acrónimo recursivo que significa “PHP Hypertext Pre-processor”.

PHP es un lenguaje de script interpretado en el lado del servidor utilizado para la generación de páginas web dinámicas, embebidas en páginas HTML y ejecutadas en el servidor. PHP no necesita ser compilado para ejecutarse. Para su funcionamiento necesita tener instalado Apache o IIS con las librerías de PHP. La mayor parte de su sintaxis ha sido tomada de C, Java y Perl con algunas características específicas. Los archivos cuentan con la extensión (php).

Ventajas:

- Muy fácil de aprender.
- Se caracteriza por ser un lenguaje muy rápido.
- Soporta en cierta medida la orientación a objetos. Clases y herencia.
- Es un lenguaje multiplataforma: Linux, Windows, entre otros.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los manejadores de base de datos: MySQL, PostgreSQL, Oracle, MS SQL Server, entre otras.
- Capacidad de expandir su potencial utilizando módulos.
- Posee documentación en su página oficial la cual incluye descripción y ejemplos de cada una de sus funciones.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- Incluye gran cantidad de funciones.

- No requiere definición de tipos de variables ni manejo detallado del bajo nivel.

Desventajas:

- Se necesita instalar un servidor web.
- Todo el trabajo lo realiza el servidor y no delega al cliente. Por tanto puede ser más ineficiente a medida que las solicitudes aumenten de número.
- La legibilidad del código puede verse afectada al mezclar sentencias HTML y PHP.
- La programación orientada a objetos es aún muy deficiente para aplicaciones grandes.
- Dificulta la modularización.
- Dificulta la organización por capas de la aplicación.

Seguridad:

- PHP es un poderoso lenguaje e intérprete, ya sea incluido como parte de un servidor web en forma de módulo o ejecutado como un binario CGI separado, es capaz de acceder a archivos, ejecutar comandos y abrir conexiones de red en el servidor. Estas propiedades hacen que cualquier cosa que sea ejecutada en un servidor web sea insegura por naturaleza.
- PHP está diseñado específicamente para ser un lenguaje más seguro para escribir programas CGI que Perl o C, y con la selección correcta de opciones de configuración en tiempos de compilación y ejecución, y siguiendo algunas prácticas correctas de programación.

CAPÍTULO II

2. DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA CELDA DE CARGA

2.1. Introducción

Durante el desarrollo del presente capítulo, se dimensionará e implementará un sistema de carga solar, con la finalidad de recargar la fuente de alimentación de una tricicleta “Baterías”

Se estudiará los aspectos y características necesarias para aprovechar al máximo la energía irradiada por el sol, se realizará el análisis para optimizar el tiempo de carga de las baterías cuidando principalmente la vida útil de las mismas.

2.2. Parámetros eléctricos de la tricicleta

Se tiene un motor eléctrico de 1Kw, el cual es alimentado con dos baterías de 48V – 10 Ah. Se requiere paneles solares que puedan generar la potencia de las baterías antes mencionadas. En tabla 2 muestra las especificaciones básicas de las baterías a cargar.

Tabla 2.

Características Técnicas de las baterías de la Tricicleta

Parámetros	Especificaciones
Marca	Golden Motor
Modelo	Battery 48V 10Ah
Voltaje	48 V
Corriente Nominal	10 Ah
Corriente Carga	3 A
Potencia	150 W

Fuente: (Espín & Chiliquinga, 2015)

2.3. Orientación de la celda solar.

a) Orientación Desierto de Atacama

Atacama Solar Challenge, se desarrolla en el desierto de Atacama-Chile durante el mes de abril.

a) Chile se encuentra ubicado en el hemisferio sur.

La superficie del panel será orientada hacia el norte

b) El mes de abril se encuentra en los finales de verano e inicio de otoño.

Para calcular la inclinación utilizaremos la Ecuación 1.2.

La latitud en el desierto de atacama es: $\Phi = 24^\circ$

$$\beta = |\Phi - 10^\circ|$$

$$\beta = |24^\circ - 10^\circ|$$

$$\beta = |14^\circ|$$

(Marianela & Luis, 1999) Recomienda que la inclinación no debe ser menor a 15° . Según los datos calculados tendremos la inclinación óptima para la celda de carga será $\beta = 15^\circ$.

b) Orientación Ecuador

La superficie del panel debe ser horizontal y con una inclinación igual a cero $\beta = 0^\circ$. Esto debido a que en Ecuador tenemos una latitud igual a cero y está ubicado en la línea equinoccial.

2.4. Características de la celda de carga.

Debido a que la celda de carga estará constantemente transportándose de un lugar a otro, se necesita que esta sea fácil de transportar, esto implica que tiene que ser de fácil montaje y desmontaje.

Según el reglamento de la carrera Atacama Solar Challenge 2016, el área que comprenda la celda de carga no debe superar los 6 m² para celdas fotovoltaicas de silicio (con una eficiencia 22,8% o menor).

2.5. Cálculo del número de paneles solares.

En el mercado se encuentra una gran variedad de paneles solares de 12 y 24 voltios, variando sus características de acuerdo al fabricante.

Tomando en cuenta que se quiere recargar una batería cuyo voltaje nominal es 48 V, esto implica que se tendría que hacer una asociación en serie a los paneles solares para obtener dicho voltaje.

Entonces se utiliza la ecuación 1.7 para determinar el número de paneles necesarios.

$$V_{GF} = N_S * V_{MF}$$

2.5.1. Alternativa 1. Paneles de 12 voltios

$$V_{GF} = 48 V$$

$$V_{MF} = 12 V$$

$$N_S = \frac{V_{GF}}{V_{MF}}$$

$$N_S = \frac{48 V}{12 V}$$

$$N_S = 4$$

En este caso para obtener los 48 voltios necesarios se necesita de 4 paneles solares de 12 voltios.

Según (TF_SOLAR, 2017), las dimensiones de los paneles solares de 12 V son 1196x533x35 mm.

2.5.2. Alternativa 2. Paneles de 24 voltios

$$V_{GF} = 48 \text{ V}$$

$$V_{MF} = 24 \text{ V}$$

$$N_S = \frac{V_{GF}}{V_{MF}}$$

$$N_S = \frac{48 \text{ V}}{24 \text{ V}}$$

$$N_S = 2$$

En este caso para obtener los 48 voltios necesarios se necesita de 2 paneles solares de 24 voltios.

Según (Sunlink-PV, 2017) las dimensiones de los paneles solares de 48 v son 1580x807x125 mm.

2.5.3. Selección de alternativa

En la alternativa 1, con paneles de 12 voltios, se necesita 4 paneles para obtener el voltaje requerido de 48 voltios. Aquí hay la desventaja de que si se aumenta el número de paneles el área que abarque será mayor, también en cuanto a la construcción de la estructura los costos aumentarían y el transporte de los mismo será complejo.

En la alternativa 2, con paneles de 24 voltios, se necesita de 2 paneles para obtener el voltaje requerido de 48 voltios, debido a que solo se requiere dos paneles el área que abarcaran será menor, en cuanto a la construcción de la estructura será fácil y a un costo menor, también para el transporte de estos paneles sería más sencillo. La alternativa 2 es la más factible.

2.6. Selección de paneles solares

2.6.1. Alternativa 1. Paneles de silicio monocristalino 24 voltios

En la tabla 3 se muestra las características técnicas, de un tipo de paneles solares de 24 voltios. Hoja de datos técnica completa en Anexo 2.

Tabla 3.

Características módulos fotovoltaicos 24 voltios.

Características	Valor
Modelo	SL 180-24M195
Material	Silicio Monocristalino
Dimensiones	1580x807x35mm
Área	1.275 m ²
Potencia nominal máxima	195 W
Voltaje Nominal de funcionamiento (V_{mmp})	36.2 V
Corriente Nominal de funcionamiento (I_{mmp})	5.38 A
Voltaje a circuito abierto (V_{oc})	45.5 V
Corriente de corto circuito (I_{sc})	5.58 A
Eficiencia del modulo	15.3 %

Fuente: SunLink PV.

Se requiere un voltaje de 48 voltios, es necesario utilizar 2 paneles solares en serie, al momento de realizar la combinación de estos paneles el área será el doble 2.55 m². Se debe tomar en cuenta que estos paneles están perfectamente sellados y con un grado de protección IP 65. Ver figura 12.

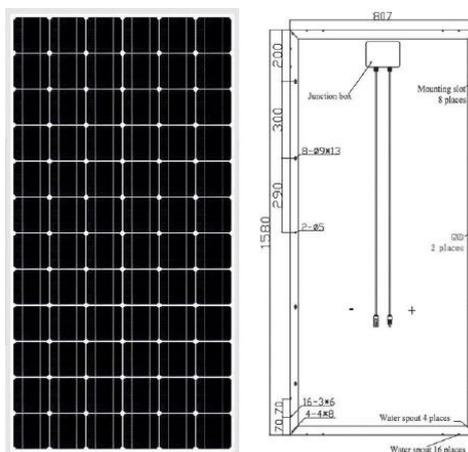


Figura 12. Panel solar SL 180-24M195
Fuente: SunLink PV.

2.6.2. Alternativa 2. Matriz fotovoltaica ESPEL

En la Tabla 4 se muestra las características técnicas de la matriz fotovoltaica ESPEL.

Tabla 4.

Características de la matriz fotovoltaica ESPEL

Características	Valor
Número de celdas	118
Área	2.9 m ²
Potencia nominal máxima	494 W
Voltaje Nominal de funcionamiento (V_{mmp})	61.36 V
Corriente Nominal de funcionamiento (I_{mmp})	8.12 A
Corriente de corto circuito (I_{sc})	8.49 A
Eficiencia del modulo	16 %

Fuente: (Ramírez, 2015)

Esta matriz fotovoltaica fue diseñada anteriormente como proyecto de Tesis de un estudiante y ya está en uso, el área que comprende esta matriz es de 2.9 m², debido a su uso varias celdas se encuentran rotas, cambiando considerablemente sus características técnicas, también se puede observar que su estructura es débil por lo cual resultaría difícil el transporte, finalmente no consta con ningún sellado hermético y ningún grado de protección. Se puede observar el diseño de la matriz en la Figura 13.

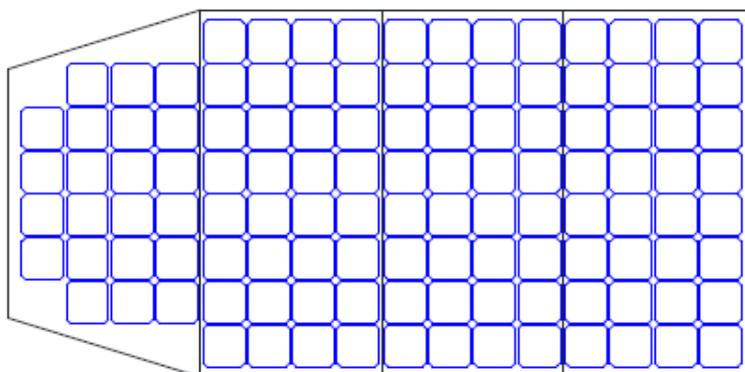


Figura 13. Matriz Fotovoltaica ESPEL

Fuente: (Ramírez, 2015)

2.6.3. Selección de alternativa

Comparando las dos alternativas, en cuanto a la matriz fotovoltaica el área requerida es mayor que el área de los 2 paneles de 24 voltios, también la matriz fotovoltaica cuenta con una estructura débil, protección deficiente y contando con que varias celdas se encuentran dañadas. Pero en el caso de los paneles de 24 voltios constan de un sellado hermético de fábrica con su respectivo grado de protección IP 65. Debido a estos aspectos se seleccionará la alternativa 1, que es adquirir 2 paneles SL 180-24M195.

2.7. Cálculo de corriente generada por los paneles

Con la ecuación 1.5 y los valores de radiación del Desierto Atacama, obtenidos en (UCHILE, Explorador de Energía Solar, 2016), se calcula los valores de corrientes que generaran los paneles solares SL 180-24M195.

$$I_{SC.G} = I_{SC} * \frac{G}{G_{STC}}$$

En la figura 14 se muestra los valores de radiación solar [W/m²] durante las horas de mayor afluencia solar, para cada uno de los meses del año. De estos valores se halla un promedio para el cálculo de la corriente que generan los paneles solares de los paneles solares.

15:00	772.76	799.37	785.15	706.29	632.98	607.63	630.78	680.22	718.05	715.29	710.23	721.26
14:00	931.27	963.92	954.2	886.85	809.08	771.98	791.9	853.15	898.73	905.71	897.35	888.09
13:00	1019.89	1051.12	1044.75	987.64	916.55	871.5	882.88	953.01	1009.77	1029.23	1021.34	996.8
12:00	1030.25	1059.43	1065.13	1012.59	938.83	892.09	899.23	970.5	1044.41	1077.26	1067.52	1029.74
11:00	968.48	985.97	1001.36	960.5	889.51	831.54	838.85	903.65	997.94	1044.64	1032.97	985.44
10:00	835.33	840.18	855.67	828.34	763.58	707.33	702.23	765.37	870.64	929.64	921.73	867.21
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

Figura 14. Radiación solar [W/m²] Desierto Atacama

Fuente: (UCHILE, 2016)

En la tabla 5 se muestran los valores de corriente $I_{SC.G}$, calculados con los valores de radiación promedio mensual y la corriente de corto circuito de los paneles $I_{SC} = 5.58 A$.

Tabla 5.

Valores calculados de corriente $I_{SC.G}$, en base a la radiación solar en el Desierto Atacama.

Mes	Radiación Solar G [W/m ²]	$I_{SC.G}$ [A]
Enero	926,33	5,169
Febrero	950	5,301
Marzo	951,04	5,307
Abril	897,035	5,005
Mayo	825,088	4,604
Junio	780,345	4,354
Julio	790,98	4,414
Agosto	854,32	4,767
Septiembre	923,26	5,152
Octubre	950,295	5,303
Noviembre	941,86	5,256
Diciembre	914,76	5,104

2.8. Cálculo del tiempo de carga de las baterías

Al saber que las baterías a cargar tienen su carga máxima de 10 Ah y las corrientes promedio que generarán los paneles, el tiempo de carga de las baterías se obtiene de la siguiente manera.

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Corriente generado por paneles}}$$

En la Tabla 6 se muestran los valores calculados del tiempo de carga en horas y minutos, en un día promedio en los distintos meses del año.

Tabla 6.

Tiempo de carga de baterías en horas y minutos.

Mes	$I_{SC.G}$ [A]	Tiempo de Carga [h]	Tiempo de carga [min]
Enero	5,169	1,93	116,08
Febrero	5,301	1,89	113,19
Marzo	5,307	1,88	113,06
Abril	5,005	2,00	119,87
Mayo	4,604	2,17	130,32
Junio	4,354	2,30	137,79
Julio	4,414	2,27	135,94
Agosto	4,767	2,10	125,86
Septiembre	5,152	1,94	116,46
Octubre	5,303	1,89	113,15
Noviembre	5,256	1,90	114,16
Diciembre	5,104	1,96	117,55

2.9. Selección del regulador de carga MPPT

Existen dos aspectos importantes que se deben tomar en cuenta al momento de elegir un regulador de carga MPPT.

2.9.1. Corriente de entrada

El regulador de ser capaz de soportar la intensidad máxima que puede suministrar el arreglo fotovoltaico, denominada corriente de entrada: se calcula con la Ecuación 1.9

$$I_{ENTRADA} = I_{SC.GFV} = 1.25 * I_{SC} * N_p$$

$$I_{SC.GFV} = 1.25 * 5.58 A * 1$$

$$I_{SC.GFV} = 1.25 * 5.58 A * 1$$

$$I_{SC.GFV} = 6.975 A$$

2.9.2. Tensión máxima de entrada

La tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico no debe superar la máxima tensión de entrada del regulador.

El arreglo fotovoltaico diseñado consta de dos paneles solares conectados en serie, el valor de tensión de a circuito abierto a condiciones de funcionamiento estándar es:

$$V_{OC-max} = 2 * 45.5 V$$

$$V_{OC-max} = 91 V$$

2.9.3. Selección

Se tiene un regulador TrisTar Modelo TS-60, cuyas características técnicas se encuentran en la Tabla 7.

Tabla 7.

Características técnicas MPPT TrisTar TS60.

Características	Valor
Voltaje del sistema	12, 24, 48 V _{CC}
Corriente nominal	60 A
Voltaje mínimo de operación	9 V
Voltaje máximo de funcionamiento	68 V
Voltaje máximo solar V_{OC-max}	125 V _{CC}
Peso	1.6 kg / 3.5 lb
Dimensiones	Altura 260,4 mm Ancho 127 mm Profundidad 71 mm

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

Al realizar la comparación con los datos de corriente máxima de entrada y voltaje máximo calculados, se asume que los valores calculados se encuentran dentro de los rangos admitidos por el regulador, siendo este regulador ideal para la celda de carga.

2.9.4. Implementación eléctrica

Los paneles solares se conectan en serie para obtener el voltaje requerido y para conectar a la batería se instaló el controlador MPPT TriStar TS-60.

a. Conexión en serie paneles solares

Para conectar los paneles en serie hay que seguir con el siguiente diagrama ver figura 15.

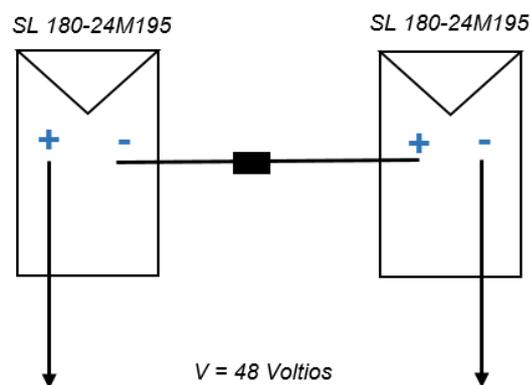


Figura 15. Diagrama eléctrico conexión en serie.

b. Instalación del controlador MPPT TriStar TS-60

El controlador MPPT será el encargado de administrar la energía que generan los paneles solares para el proceso de carga de las baterías, a continuación, se detalla los pasos para la instalación de acuerdo al manual de uso.

Paso a seguir para instalar el controlador

- Retirar la tapa.
- Ajuste los 8 interruptores en el DIP. Cada interruptor debe estar en la posición correcta
- Conecte los cables sensores de voltaje de la batería (recomendado).
- Conecte los cables de alimentación de batería al TriStar. Luego conecte los cables del conjunto solar
- Vuelva a colocar la tapa.

c. Ajuste de los interruptores en el DIP

Cada uno de los 8 interruptores del DIP, debe estar en la posición correcta, esto depende de la configuración para el proceso de carga del tipo de batería, en la figura 16 se puede observar que función realiza cada uno de los interruptores.

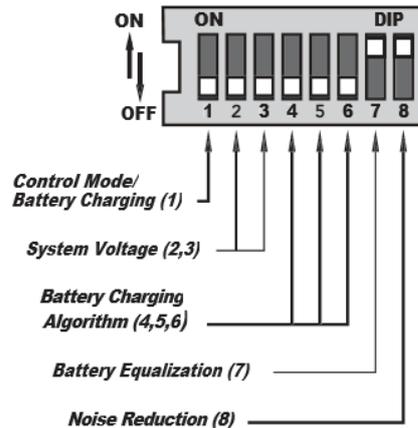


Figura 16. Funciones de los interruptores del DIP

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

- Interruptor 1

Para habilitar el control de carga ajuste el interruptor 1 DIP a la posición ON. Ver figura 17.

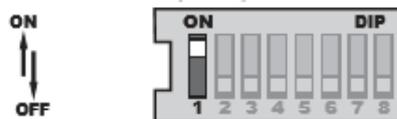


Figura 17. Interruptor 1, habilitación control de carga.

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

- Interruptores 2 y 3

Estos interruptores son para la selección del voltaje que necesita la batería.

La siguiente tabla 8 muestra las diferentes combinaciones de voltaje.

Tabla 8.

Combinaciones para selección de voltaje de trabajo

Voltaje	Interruptor 2	Interruptor 3
Auto	OFF	OFF
12 V	OFF	ON
24 V	ON	OFF
48 V	ON	ON

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

La selección de autovoltaje acontece cuando la batería es conectada y se enciende el TriStar.

Elegiremos la opción de autovoltaje, debido a que esta opción es muy segura y recomendada por el fabricante, los interruptores 2 y 3 quedaran como se muestra en la figura 18.

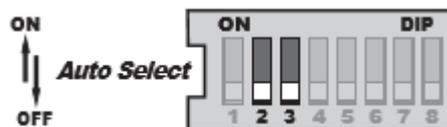


Figura 18. Interruptores 2 y 3, selección de autovoltaje.

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

- Interruptores 4, 5 y 6

Se elige el algoritmo de carga PWM, existen 8 combinaciones, las cuales corresponden a diferentes tipos de baterías y una en la cual el usuario puede programar desde un PC el algoritmo que requiera. Para el caso de baterías con celdas de litio específicamente es la combinación 7. En la figura 19 se puede observar las combinaciones de los diferentes algoritmos estándar para de cargar baterías.

Interruptores DIP (4-5-6)	Tipo de Batería	Voltajes de			Tiempo en equal. (horas)	Intervalo de equal. (días)	Máx. ciclo de equal. (horas)
		Absorción PWM	Flotación	Equal.			
off-off-off	1 - Sellada	14.0	13.4	none	-	-	-
off-off-on	2 - Sellada	14.15	13.4	14.2	1	28	1
off-on-off	3 - Sellada	14.35	13.4	14.4	2	28	2
off-on-on	4 - Inundada	14.4	13.4	15.1	3	28	4
on-off-off	5 - Inundada	14.6	13.4	15.3	3	28	5
on-off-on	6 - Inundada	14.8	13.4	15.3	3	28	5
on-on-off	7 - L-16	15.0	13.4	15.3	3	14	5
on-on-on	8 - Usuario		Usuario			Usuario	

Figura 19. Algoritmos estándar para la carga de baterías.

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

La figura 20 muestra la combinación 7 para las baterías de litio.

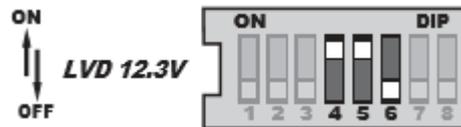


Figura 20. Interruptores 4,5 y 6, algoritmo para baterías de litio.

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

- Interruptor 7

Según (QMAX, s.f.) La equalización es un método de carga cuyo fin es devolverles a las baterías su capacidad de almacenamiento, aumentar la eficiencia y extender la vida útil. Esto se logra mediante una sobrecarga de tensión aplicada en forma controlada sobre las baterías a equalizar.

La equalización de la batería, tiene dos modos como se muestra en la figura 21. Seleccionar el modo automático con el interruptor en la posición ON.

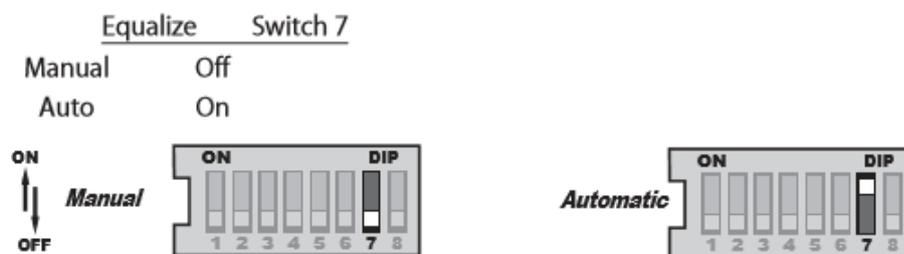


Figura 21. Interruptor 7, selección de modo de equalización para baterías

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

- Interruptor 8

Este interruptor se encarga de la reducción de ruido, en el caso de las baterías litio usar la combinación PWM, debido a que la regulación de carga solar On – Off (apagado-encendido) es mucho menos efectiva que la PWM. En la figura 22 se observa la selección de modos para el interruptor 8.

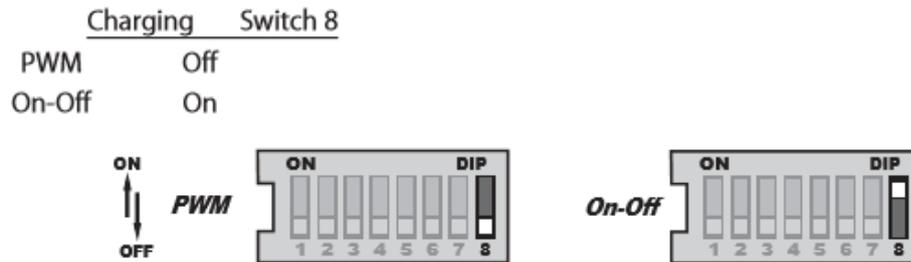


Figura 22. Interruptor 8, selección de modo de reducción de ruido.

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

d. Realizar el diagrama de conexiones

En la figura 23 se muestra el diagrama de conexiones a realizar con el controlador de carga.

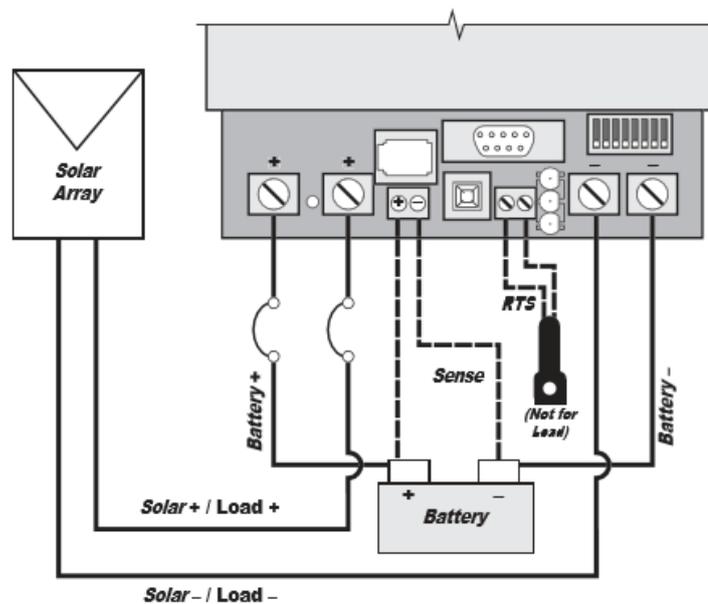


Figura 23. Diagrama de conexión controlador TriStar TS-60

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

La figura 24 muestra la conexión realizada en el controlador MPPT



Figura 24. Instalación controladora TriStar TS-60

En la figura 25 se indica cómo queda la configuración de los 8 interruptores del DIP del controlador de carga TriStar TS-60.

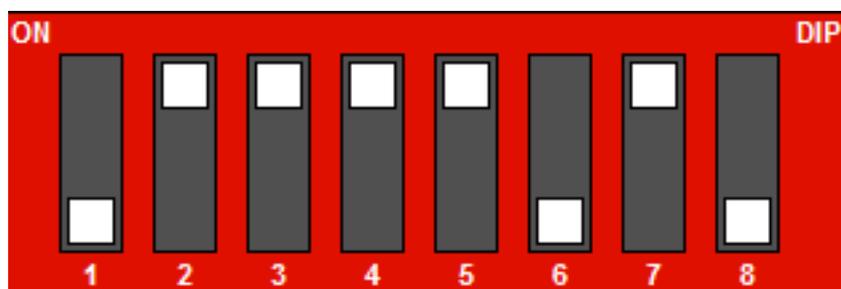


Figura 25. Configuración de interruptores TriStar TS-60

Fuente: (MORNINGSTAR, s.f.)

2.9.5. Funcionamiento controlador TriStar TS-60

a) Botón pulsador

Para la operación del controlador se tiene un botón pulsador, que permite habilitar las siguientes funciones.

- Presionando: Se reestablece de un error o falla.

- Presionando y reteniendo durante 5 segundos: Después de una desconexión de la carga por bajo voltaje (LVD), el botón pulsador puede ser usado para reconectar las cargas nuevamente.

b) Indicaciones de los leds para el control de carga

Los leds existentes en el controlador sirven para dar información sobre el porcentaje de carga de la batería según:

- G encendido 80% a 95% SOC
- G/Y encendidos 60% a 80% SOC
- Y encendido 35% a 60% SOC
- Y/R encendido 0% a 35% SOC
- R encendido la batería se está descargando.

2.10. Diseño mecánico de la estructura de la celada de carga.

Para el diseño mecánico de la estructura de la celda de carga se utiliza el software de modelado 3D.

2.10.1. Parámetros de diseño de la estructura mecánica.

Los parámetros de diseño mecánico son los siguientes:

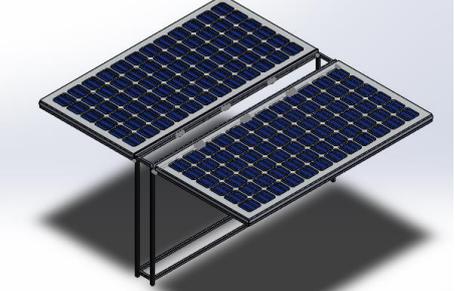
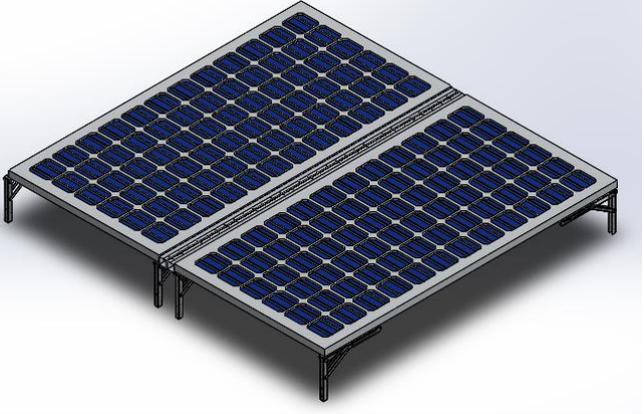
- La estructura mecánica debe ser de acuerdo a las dimensiones de los paneles solares 1580x807x35mm y peso 15 kg.
- La superficie de los paneles están tener dos gados de orientación, una será horizontal $\beta=0^\circ$ correspondiente a Ecuador y otra se inclinada con $\beta=15^\circ$ correspondiente a Chile.

2.10.2. Diseño mecánico.

El análisis para el diseño mecánico se encuentra en la Tabla 9.

Tabla 9.

Combinaciones para selección de voltaje de trabajo

<i>Análisis de diseño</i>	<i>Características</i>
Celda de carga Ecuador	La celda debe estar horizontal.
Celda de carga Atacama	La celda debe tener una inclinación de 15°.
Propuesta de diseño 1	
Base para Diseño 1	
Propuesta de diseño 2	
Base para el diseño 2	

- Se tiene dos alternativas, el primer diseño consta de una base rígida, construida a base de perfiles cuadrados, aumentando el peso debido al diseño y otra razón será que el transporte de la celda sea más complicado.
- En el segundo diseño los paneles se sujetan con 8 bases, estas bases tienen la particularidad de que se pueden extender de 0° a 90° , no ocupan demasiado espacio teniendo un diseño fácil de transportar.

Según el análisis anterior el diseño adecuado será el segundo, con 8 bases ubicadas en las esquinas con la finalidad que soporten a los paneles solares y 4 brazos secundarios que se utilizarán para una inclinación de 15° en Atacama. Para unir los paneles y que sea fácil de transportar se colocara perfiles de aluminio con longitud de 1580 mm, en la superficie de estos perfiles se colocara una bisagra para que los paneles es abran o se cierren para el uso y transporte.

2.10.3. Diseño de base principal.

La base de la estructura está diseñada como se muestra en la figura 26, está compuesta de dos brazos unidos mediante un pasador y un mecanismo que permite extender los brazos de la posición inicial de 0 grados a la posición de 90 grados ver figura 27.

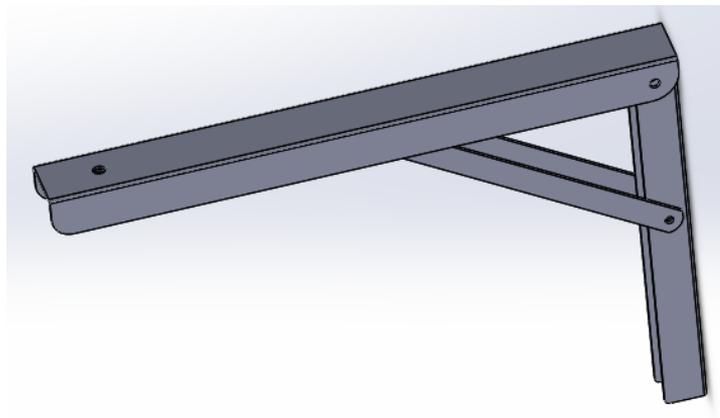


Figura 26. Base celda de carga.

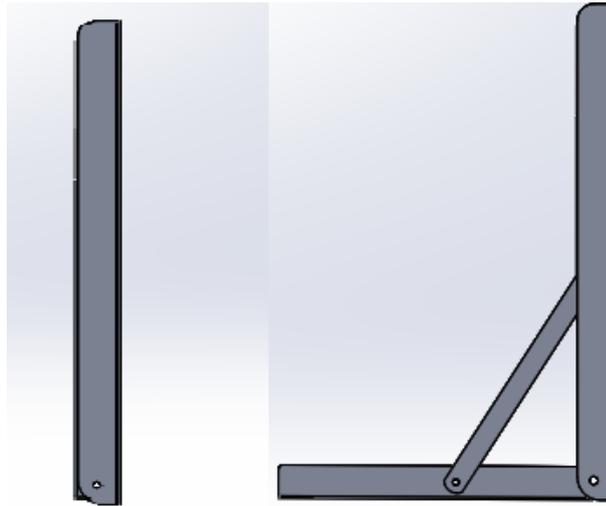


Figura 27. Base de la celda de carga a 0° y 90°

Las medidas de los brazos que componen la base se podrá ver el Anexo 5.

2.10.4. Diseño de base secundaria y brazo extensor

Adicionalmente las bases constan con cuatro brazos extensores de que permiten colocar la superficie de los paneles solares a una inclinación de $\beta=15^\circ$ que es el ángulo que necesario para aprovechar la radiación solar de mejor manera en el Desierto de Atacama como se muestra en la figura 28.

a) Dimensionamiento

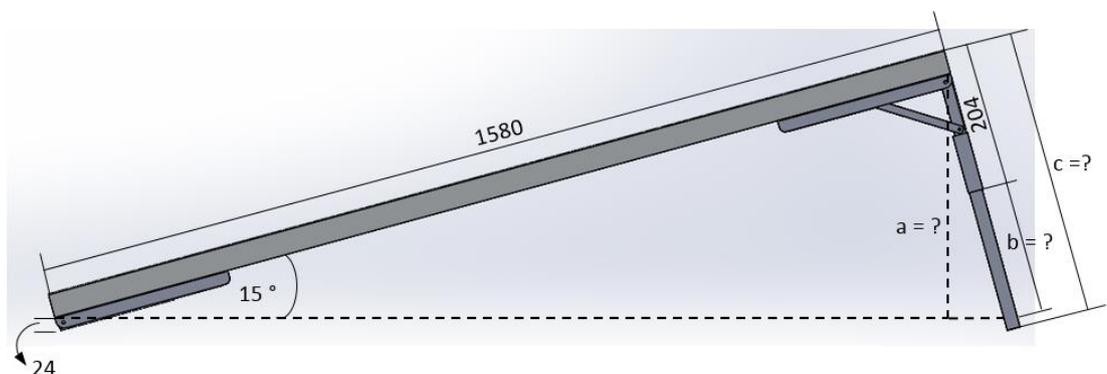


Figura 28. Vista lateral celda de carga con $\beta=15^\circ$.

$$a = 1580 \text{ mm} * \sin 15^\circ$$

$$a = 408.93 \text{ mm}$$

$$\cos 15^\circ = \frac{a}{204 \text{ mm} + b}$$

$$204 \text{ mm} + b = \frac{a}{\cos 15^\circ}$$

$$204 \text{ mm} + b = \frac{408.93 \text{ mm}}{\cos 15^\circ}$$

$$b = 423.36 \text{ mm} - 204 \text{ mm}$$

$$b = 219.36 \text{ mm} + 24 \text{ mm} = 243.36 \text{ mm} \approx \mathbf{244 \text{ mm}}$$

$$c = b + 204 \text{ mm}$$

$$c = 244 + 204 \text{ mm}$$

$$c = 448 \text{ mm}$$

b) Diseño 3D

En la figura 29, se observa el diseño 3D. El brazo extensor está diseñado de tal forma que se pueda insertar o quitar con facilidad en las bases, ver figura 30.

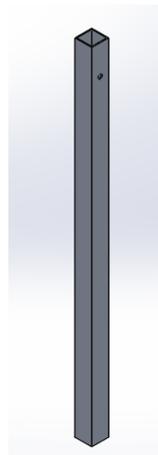


Figura 29. Extensión del brazo.



Figura 30. Base con brazo extensor.

2.10.5. Dimensionamiento de la bisagra y perfil de aluminio.

En el mercado existen varios tipos de bisagras, para el diseño se tiene dos alternativas que son:

Las bisagras tipo pistón ver figura 31, se caracterizan por ser pequeñas, y debido a la longitud de los paneles se necesitarían mínimo 6 bisagras de este tipo para unir los paneles, esto lleva más tiempo en la construcción y el soporte será inseguro ya que no cubre toda la longitud de los paneles, como se muestra en la figura 32.

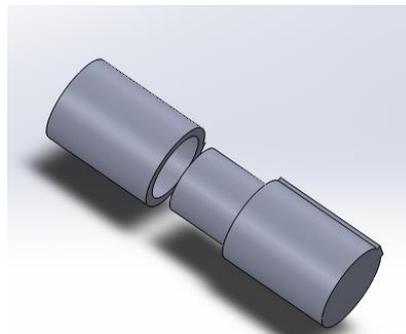


Figura 31. Bisagra tipo pistón.

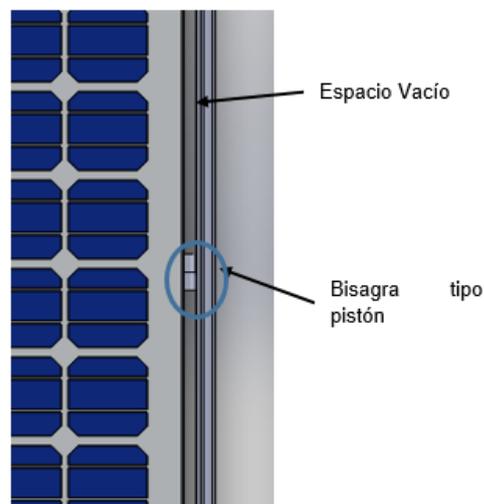


Figura 32. Unión panel y bisagra tipo pistón

La bisagra tipo libro ver figura 33, tiene longitudes mayores a las bisagras tipo pistón, y por lo tanto se utiliza solo una bisagra para unir a los paneles, disminuyendo el tiempo de construcción y el soporte será seguro.

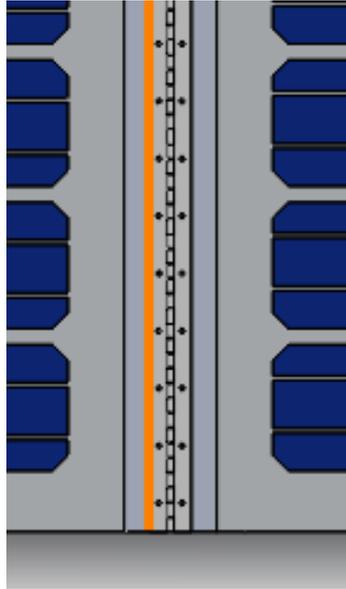


Figura 33. Unión paneles y Bisagra tipo libro

La bisagra que se colocará entre los paneles será de tipo libro de acuerdo al análisis anterior, esta bisagra está diseñada con longitud de 1580 mm, cubriendo toda la longitud de los paneles ver figura 34.

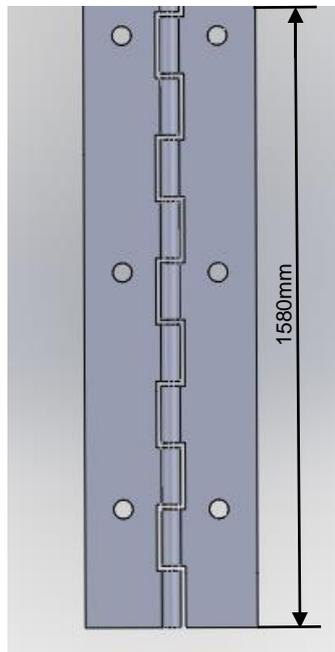


Figura 34. Bisagra tipo libro.

La bisagra fue colocada sobre perfiles cuadrados de aluminio de 38 x 38 x 1 mm, ver figura 35.

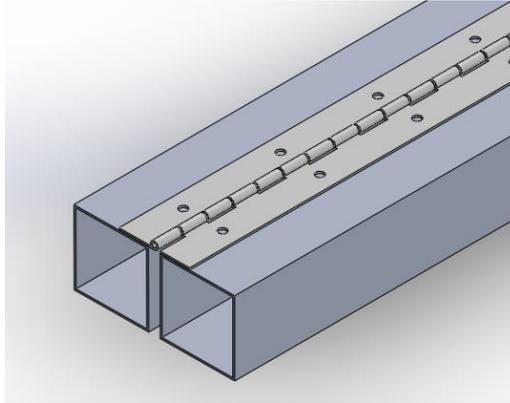


Figura 35. Bisagra y perfil de aluminio.

2.10.6. Ensamble diseño mecánico.

El ensamble de la celda de carga con $\beta = 0^\circ$ se muestra en la figura 36.

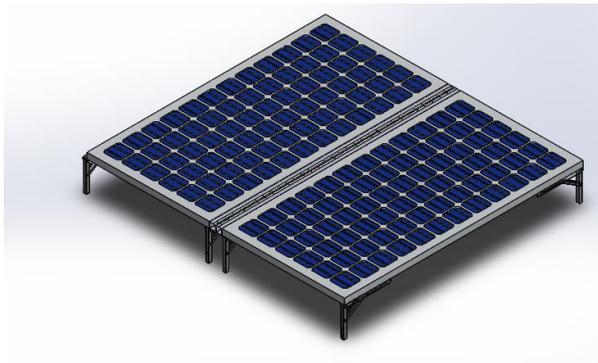


Figura 36. Ensamble diseño celda de carga $\beta=0^\circ$.

En la figura 37 se muestra el ensamble de la celda de carga con $\beta = 15^\circ$



Figura 37. Ensamble diseño celda de carga $\beta=15^\circ$.

2.11. Análisis mecánico.

El panel solar tiene un peso de 15 Kg que equivale a 147,15 N debido al diseño cada base soportará $\frac{1}{4}$ del peso, lo cual será 36,78 N.

2.11.1. Base principal.

El material con la que está construida la base es de acero galvanizado cuyas propiedades se pueden observar en la figura 38.

Propiedad	Valor	Unidades
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite de tracción	356.9006745	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	203.9432426	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 38. Propiedades de la base

El cálculo del factor de seguridad mecánico para la base de acuerdo al análisis realizado en el software Solidworks se puede observar en la figura 39.

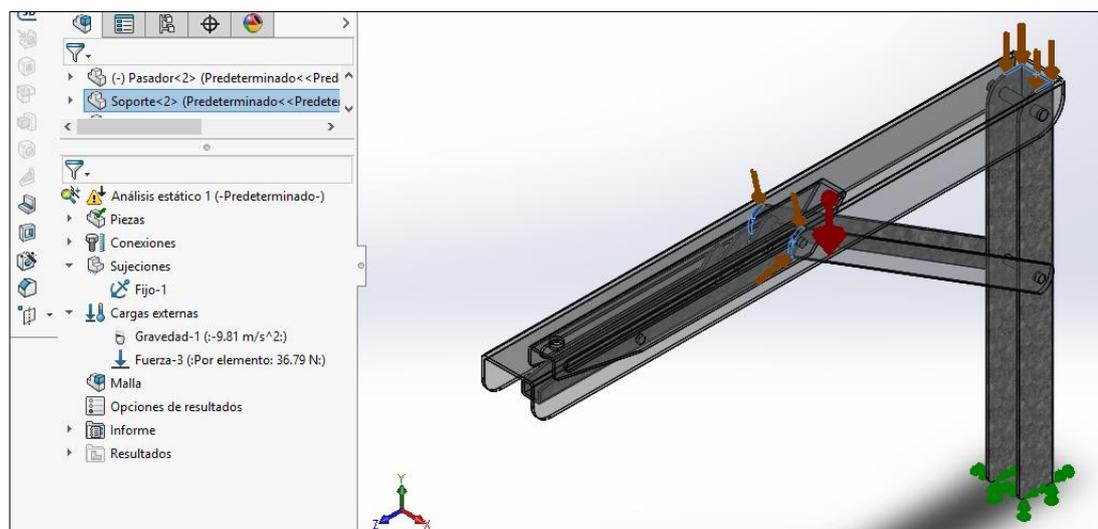


Figura 39. Análisis mecánico de la base.

Se realiza un análisis estático ya que la base no se va mover mientras se está cargando la batería, en la figura 40 se observa que el dimensionamiento de la base es seguro y puede soportar el peso de los paneles solares.

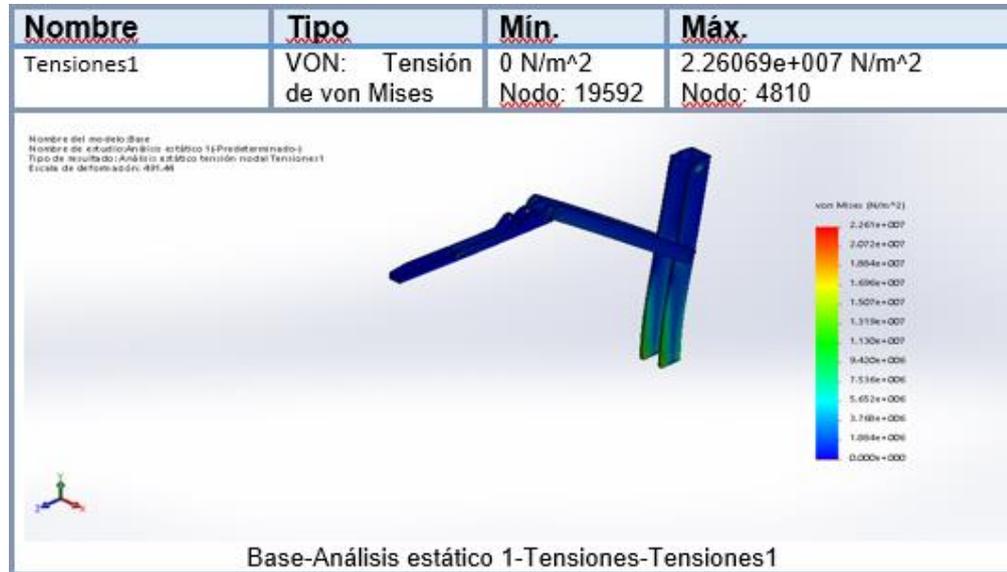


Figura 40. Análisis estático de la base.

En la tabla 10 se observan los datos para realizar el cálculo del factor de seguridad de la base, el cual nos indica si es seguro o si se debe rediseñar.

Tabla 10.

Datos para el cálculo de factor de seguridad

DATOS	CARACTERÍSTICAS
Acero galvanizado	Dúctil
Carga soportada	36,787 N
Tipo de carga	Estática

Fuente (Mott, 2009)

$$\sigma_{max} = \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

Siendo;

σ_{max} Esfuerzo máximo soportado.

σ_d Esfuerzo de diseño

S_y Limite elástico del material.

N Factor de seguridad

$$22,6069 \text{ MPa} = \frac{203.94}{N}$$

$$N = \frac{203.94 \text{ MPa}}{22,6069 \text{ MPa}}$$

$$N = 9.02$$

Según (Mott, 2009) para materiales dúctiles una opción razonable en factor de diseño N sería igual a 2, por cuanto el diseño de la base resistirá el peso.

2.11.2. Base secundaria.

La base es de acero galvanizado y el brazo extensor es de aluminio 6061-T6, las propiedades mecánicas del aluminio se pueden ver en la figura 41.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	69000.00067	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Límite de tracción	239.9999996	N/mm ²
Límite elástico	227.5269907	N/mm ²
Módulo tangente		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-005	/K
Densidad de masa	2700	kg/m ³
Factor de endurecimiento	0.85	N/D

Figura 41. Propiedades mecánicas de la base secundaria.

El cálculo del factor de seguridad mecánico para la base secundaria de acuerdo al análisis realizado en el software Solidworks se puede observar en la figura 42.

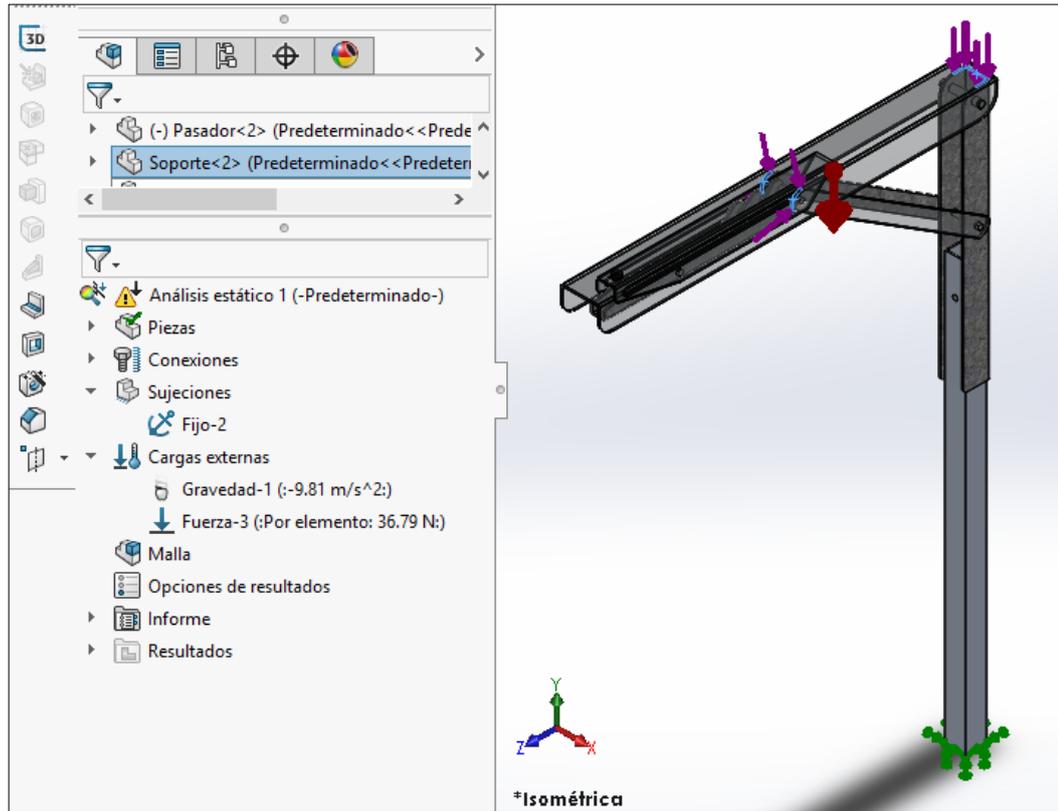


Figura 42. Análisis mecánico de la base secundaria.

Se realiza un análisis estático ya que la base secundaria no se va mover mientras se está cargando la batería, en la figura 43 se observa que el dimensionamiento de la base secundaria es seguro y puede soportar el peso de los paneles solares.

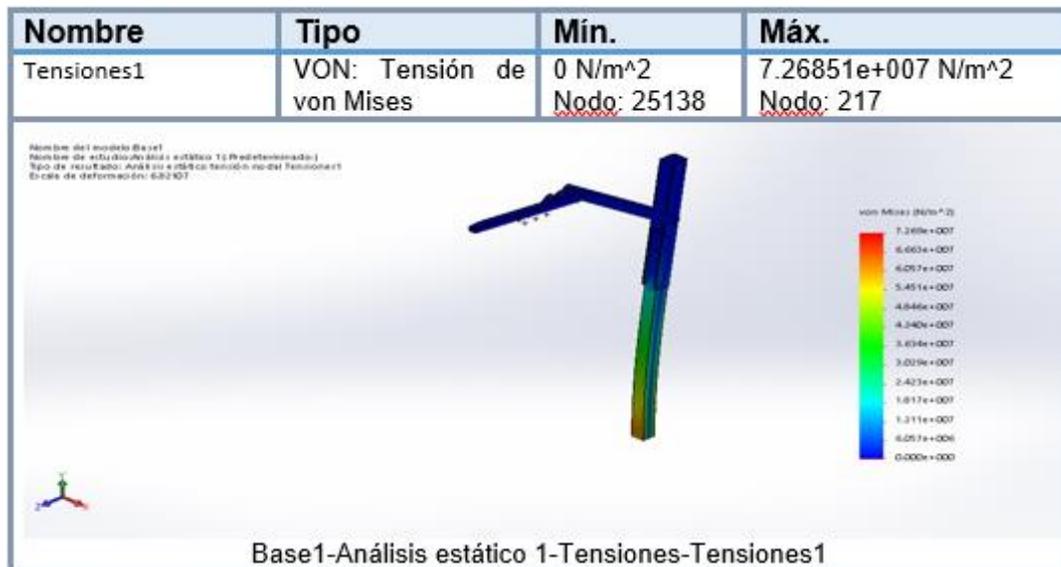


Figura 43. Análisis estático de la base secundaria.

En la tabla 11 se observan los datos para realizar el cálculo del factor de seguridad de la base secundaria, el cual nos indica si es seguro o si se debe rediseñar.

Tabla 11.

Datos para el cálculo de factor de seguridad base secundaria

<i>DATOS</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>
Acero galvanizado	Dúctil
Aluminio	Dúctil
Carga soportada	36,787 N
Tipo de carga	Estática

Para el acero galvanizado;

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$N = \frac{203.94 \text{ MPa}}{72,68 \text{ MPa}}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$N = 2,805$$

Para el aluminio;

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

$$N = \frac{227.526 \text{ MPa}}{72,68 \text{ MPa}}$$

$$N = 3,13$$

Los valores obtenidos del factor de seguridad tanto del acero galvanizado como del aluminio son mayores que 2, lo que quiere decir que la base de la estructura no fallará, siendo este sobredimensionado para evitar cualquier tipo de falla en la estructura.

2.12. Implementación de la celda de carga

En este apartado se detallará cada uno de los pasos que se realizaron para el montaje de los elementos que conforman la celda de carga.

2.12.1. Implementación de elementos mecánicos

Los paneles solares SL 180-24M195 elegidos, corresponden a los de la figura 44 la parte frontal y la figura 45 la parte posterior.



Figura 44. Cara frontal panel solar SL 180-24M195



Figura 45. Cara posterior panel solar SL 180-24M195

Por construcción de fábrica estos paneles fotovoltaicos tienen en su contorno perfil de aluminio, sobre este perfil se sujetan los elementos de la estructura de acuerdo al diseño realizado.

a) Implementación de la bisagra.

De acuerdo con el diseño se utilizará bisagra tipo piano que tiene la particularidad de ser abierta como las hojas de un libro, largas y fuertes debido a su construcción. Para colocar la bisagra, previamente se colocó dos perfiles cuadrados de aluminio de 38 x 38 x 1 mm a los costados laterales de los paneles solares, con el fin de que la sujeción de la bisagra no dañe la superficie del silicio de los paneles solares. Ver la bisagra utilizada en la figura 46.



Figura 46. Bisagra utilizada en la celda de carga

En la figura 47 se muestra como se colocó el perfil de aluminio y la bisagra en el costado lateral del panel solar.



Figura 47. Ubicación del perfil y bisagra en el panel solar.

En la figura 48 se observa el ensamble de los paneles solares, los perfiles de aluminio y la bisagra de acuerdo al diseño realizado.



Figura 48. Ensamble paneles, perfiles y bisagra.

b) Implementación de las bases de la celda de carga

La celda de carga está diseñada para dos valores de inclinación uno para Ecuador y otro para el Desierto de Atacama – Chile, esto se realizó con la finalidad de aprovechar al máximo la radiación solar y tener una carga de las baterías en corto tiempo.

La celda cuenta con ocho bases, cada una tiene un mecanismo que permite extender o contraer sus brazos cuando sea necesario, disminuye el

espacio y logra que el transporte de la misma sea con mayor facilidad. La figura 49 corresponde a estas bases.



Figura 49. Base de la celda de carga.

Se coloca cuatro bases por cada panel solar, cada base está ubicada en las esquinas del panel sobre el perfil de aluminio propio del panel como se muestra en la figura 50.



Figura 50. Ubicación de una base sobre el panel solar

- Para utilizar la celda de carga en Ecuador es necesario extender los brazos de todas las bases y colocar la parte frontal del panel hacia arriba, automáticamente el panel tendrá un ángulo de inclinación $\beta = 0^\circ$, éste ángulo corresponde a los cálculos. Ver figura 51.



Figura 51. Celda de carga con inclinación $\beta=0^\circ$

- Para el Desierto de Atacama – Chile se ha diseñado cuatro brazos extensores que se colocaran en las cuatro bases colineales con el fin de elevar la superficie frontal de los paneles a una inclinación $\beta = 15^\circ$, éste ángulo correspondiente a los cálculos. Ver figura 52.



Figura 52. Celda de carga con inclinación $\beta=15^\circ$

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN

3.1. Introducción

El diseño y la implementación del sistema de navegación tiene como objetivo trabajar como localizador del vehículo “tricicleta”, además observar el porcentaje de carga de las baterías, permitiendo al usuario crear una ruta de seguimiento y visualizar la ubicación de la tricicleta en un mapa.

En este capítulo se estudiará, los aspectos y parámetros necesarios para la implementación del sistema de navegación, entregando al usuario una interface sencilla y fácil de interpretar y usar.

3.2. Parámetros de diseño del sistema de navegación.

Los parámetros que delimitarán al sistema de navegación serán los siguientes:

3.2.1. Creación de una ruta de seguimiento.

Por requerimientos del usuario se necesita crear una ruta, de acuerdo a su necesidad. El usuario tendrá la libertad de crear la ruta dependiendo de la necesidad y también modificarla cuando sea necesario.

3.2.2. Localización del vehículo “Tricicleta” en el mapa.

Utiliza un módulo GPS para obtener las coordenadas de la ubicación del vehículo, estas coordenadas se transmitirán vía internet para que el usuario pueda visualizar esta ubicación en un mapa en la interface del sistema de navegación.

3.2.3. Medición del porcentaje de las baterías del vehículo “Tricicleta”

Se registrará el porcentaje de las baterías de la tricicleta, este porcentaje será transmitido por internet y presentado en la interface del sistema de navegación.

3.3. Componentes del sistema de navegación

3.3.1. Hardware

a) Adquisición de datos

Para la adquisición de datos se ha utilizado el modem SIM908, esta tarjeta es GPRS lo que quiere decir que se puede utilizar como GSM y GPS para obtener la ubicación y envío de datos al internet simultáneamente; utiliza cualquier tipo de banda móvil a nivel mundial, para el encendido debe tener una fuente entre 5 - 26V y 2A. La tarjeta se muestra en la figura 53.



Figura 53. Tarjeta SIM908 GSM, GPS, GPRS.

Fuente: APM Micro

b) Procesamiento de datos

Para procesar los datos se necesita combinar memoria flash de 32 KB, mientras que de lectura-escritura de 1 KB de EEPROM, líneas 32 propósito

general de E / S de 8 canales / 10 bits convertidor A / D, con oscilador interno, puerto serie. El dispositivo opera entre 2.7 - 5.5 voltios.

Según las características requeridas se utiliza el microcontrolador ATMEGA 324, esto debido a su capacidad de procesamiento y la memoria que posee. Se puede ver el microcontrolador en la figura 54.

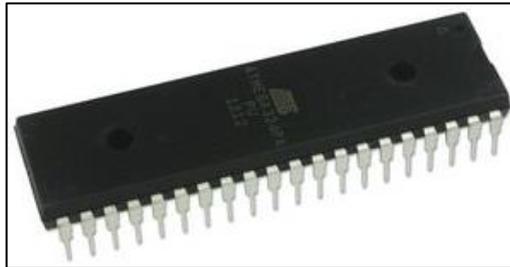


Figura 54. Atmega 324

Fuente: (Microchip-ATMEL, s.f.)

c) Regulador de voltaje (5 V)

Para la regulación de voltaje se usa una placa cuyo funcionamiento es similar al de un 7805, pero brinda mayores protecciones; soporta voltajes hasta 32 voltios y 2 amperios, se ha elegido este elemento debido a la sensibilidad del modem GPRS, como el microcontrolador ATMEGA 324 es el que va a realizar el procesamiento de datos y su voltaje de operación está entre 2.7 y 5.5 V; al igual que la tarjeta SIM908 necesita de 2A para su funcionamiento, este regulador permite trabajar en el rango establecido para el funcionamiento de la comunicación. Ver figura 55.

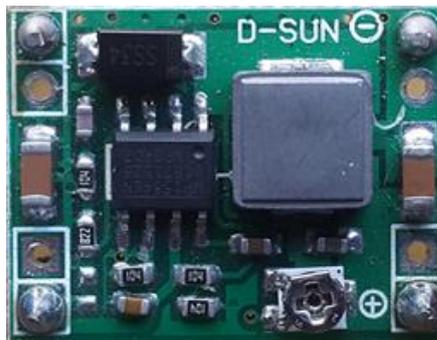


Figura 55. Regulador de voltaje

d) Activación del modem GPRS

Tiene un relé de 5 voltios que permite dar un pulso positivo de dos segundos, tiempo necesario para que el modem se pueda activar.

3.3.2. Software

a) Programación interfaz gráfica

Para realizar la interfaz gráfica del sistema de navegación se diseñó una página web, en donde se han implementado todos los parámetros establecidos. Para el diseño de esta página web se utilizó el software editor de texto ATOM.

b) Programación microcontrolador

La programación de la parte de control del sistema de navegación se realizó en el software bascom AVR.

3.4. Diseño página web

Para la creación de la página web se contrató:

- Un hosting: es una base de datos en donde se va almacenar todos los archivos referentes a la página web
- Un domino: es la dirección URL por la cual se encuentra anclada la página web.

3.4.1. Diagrama de flujo de la programación página web.

En la figura 56 se muestra el diagrama flujo correspondiente a la lógica de programación de la página web.

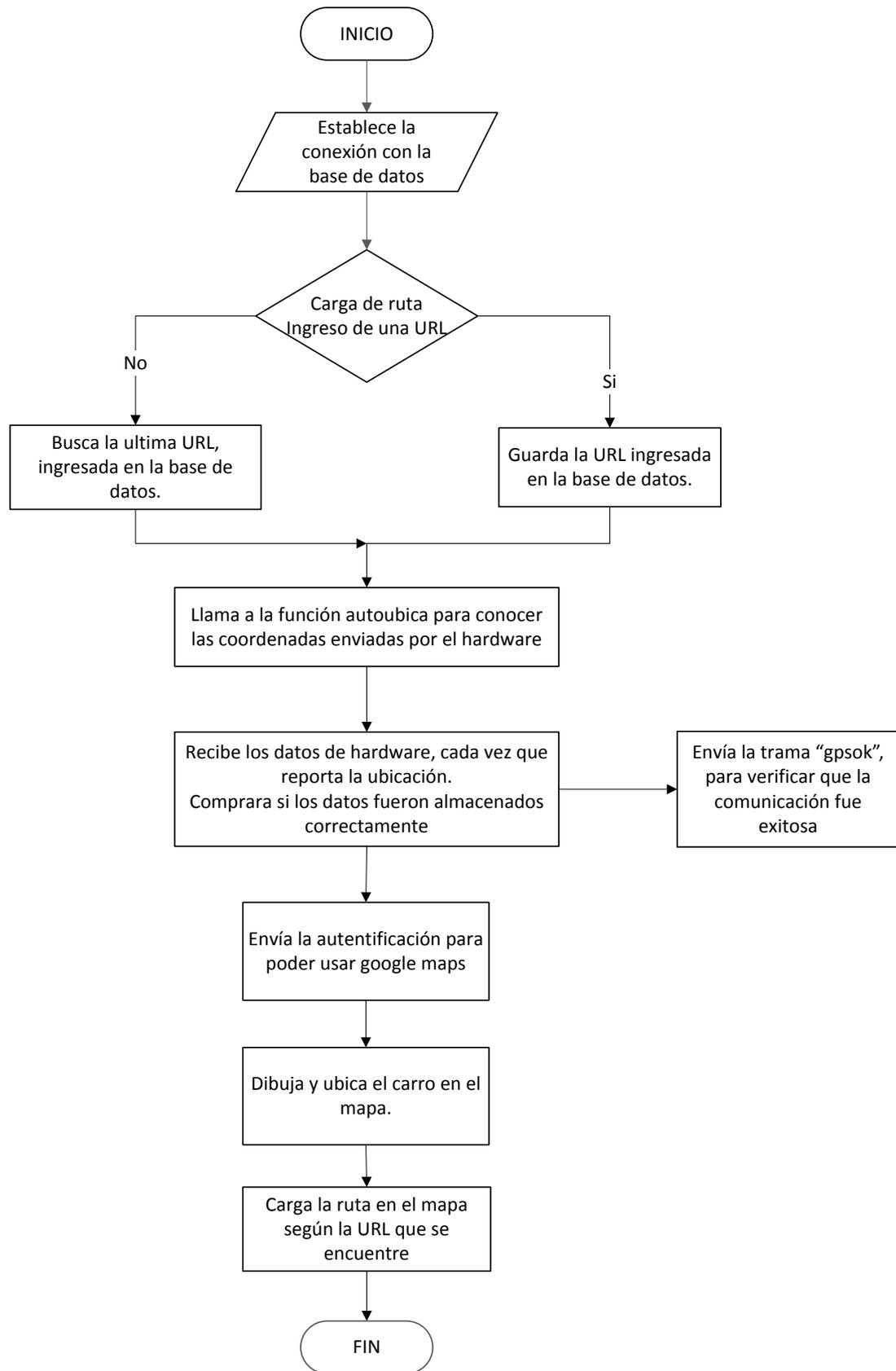


Figura 56. Diagrama de flujo- página web

La figura 57 corresponde al diagrama de flujo de función Autoubica correspondiente a la lógica de la página web.

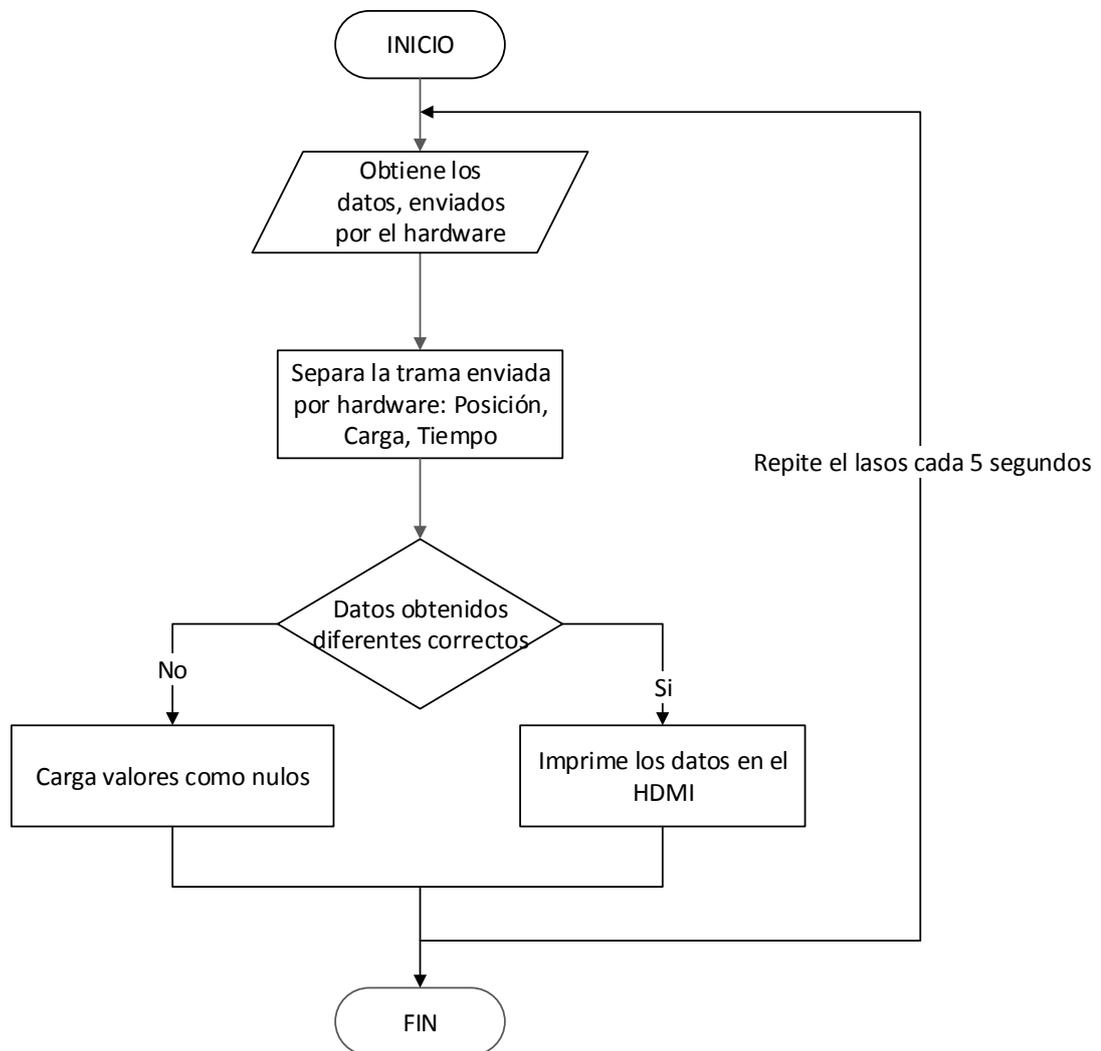


Figura 57. Diagrama de flujo función autoubica - página web

El código fuente de la página web se encuentra en el Anexo 3.

3.4.2. Implementación página web

a) Almacenamiento de datos en el servidor

Para guardar los datos enviados por hardware y los datos de la ruta previamente se ha creado en el hosting dos tablas que permitan el almacenamiento de estos datos.

El proceso para la creación de las tablas es el siguiente:

- Ingresar al administrador del hosting. Ver figura 58.

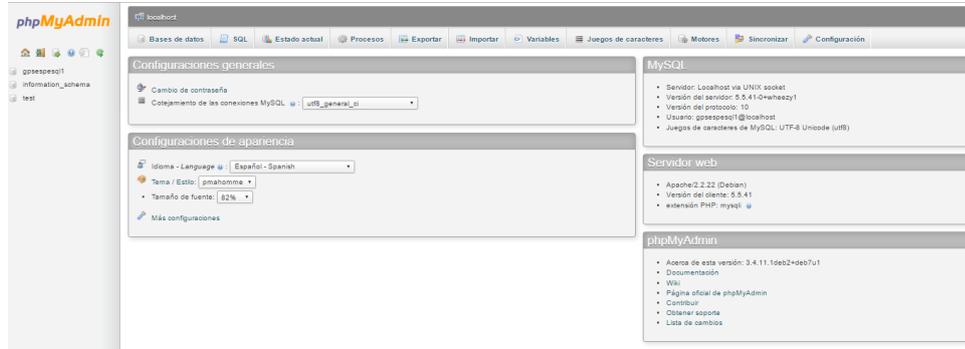


Figura 58. Ventana de administración del hosting.

- Ingresar a SQL y dar clic en crear nueva tabla. Para este proyecto se ha creado dos tablas. Ver figura 59.

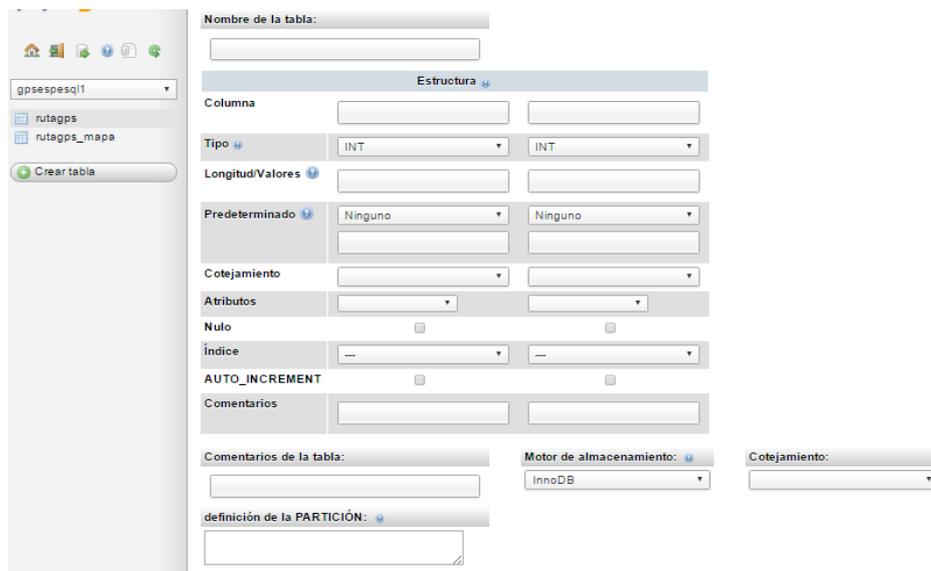


Figura 59. Creación de nueva tabla en el hosting.

- Tabla rutagps en esta tabla se almacenan los datos que envía el hardware, posición, porcentaje de baterías, fecha y la hora. Ver figura 60.

gpsespesq1

rutagps
rutagps_mapa

Crear tabla

Número de página: 1 > >>

Mostrar: 30 fila(s) iniciando en la fila # 30 en modo horizontal y repetir los encabezados cada 100

Ordenar según la clave: Ninguna

+ Opciones

			id_rutagps	lat	lng	carga	tiempo		
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	1	-0.93530214	-78.61033630	0.00	2016-10-24 12:36:45
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	2	-0.93624985	-78.61165619	0.00	2016-10-24 12:36:50
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	3	-0.93627107	-78.61169434	0.00	2016-10-24 12:36:57
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	4	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:05
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	5	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:11
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	6	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:17
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	7	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:23
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	8	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:29
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	9	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:35
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	10	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:41
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	11	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:46
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	12	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:37:55
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	13	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:01
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	14	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:07
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	15	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:13
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	16	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:19
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	17	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:25
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	18	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:31
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	19	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:37
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	20	-0.93627638	-78.61172485	0.00	2016-10-24 12:38:43

Figura 60. Tabla rutagps

- Tabla rutagps-mapa en esta tabla se gradará los datos de las rutas ingresadas por el usuario. Ver figura 61.

gpsespesq1

rutagps
rutagps_mapa

Crear tabla

Mostrar: 30 fila(s) iniciando en la fila # 0 en modo horizontal y repetir los encabezados cada 100

Ordenar según la clave: Ninguna

+ Opciones

				mapa_id	mapa_link	
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	1	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	2	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	3	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	4	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	5	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	6	dfgdfgdsstg
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	7	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	8	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	9	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	10	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	11	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	12	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	13	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	14	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	15	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	16	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	17	https://www.google.com/maps/d/u/0/km?hl=en&hl=en&...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	18	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	19	https://www.google.com/maps/d/km?hl=en&hl=en&auth...
<input type="checkbox"/>	Editar	Editar en línea	Copiar	Borrar	20	https://www.google.com/maps/d/u/0/km?hl=en&hl=en&...

Figura 61. Tabla rutagps-mapa

b) Carga del código en el servidor

Ya culminado con el diseño de la página web, se cargan todos los archivos al servidor. Para cargar estos archivos se utiliza el software Filezilla FTP client.

El proceso es el siguiente:

- Abrir el programa y dirigirse al gestor de sitios. Configurar los datos del servidor como se muestra en la figura 62.

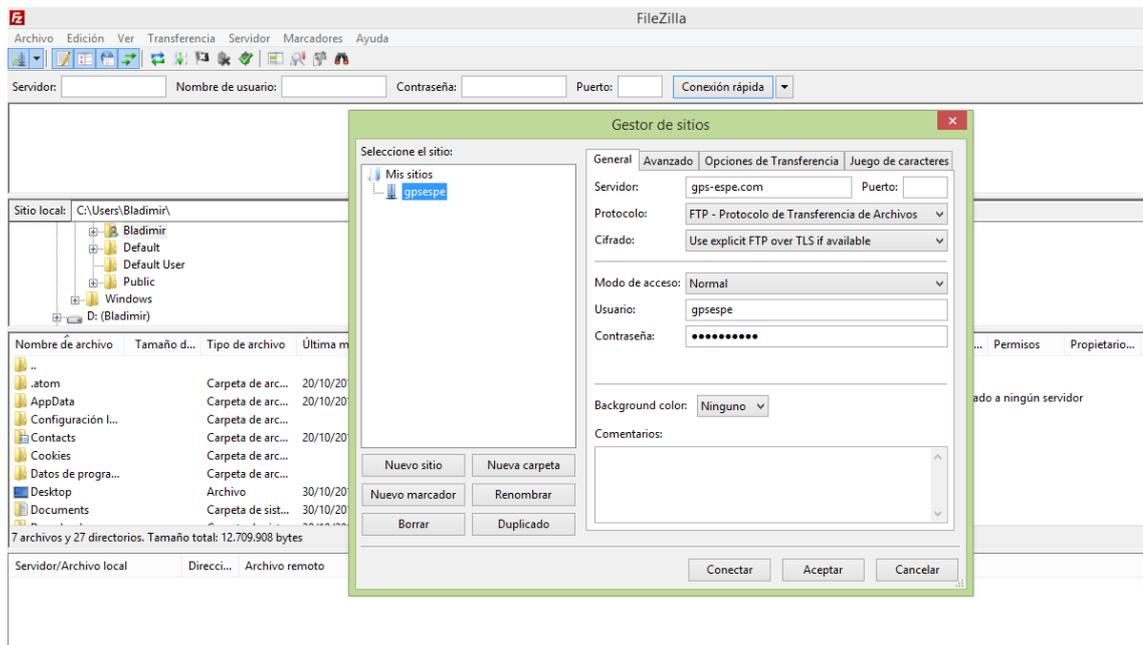


Figura 62. Filezilla - Gestor de sitios

- Una vez configurado los datos del servidor, se establece la conexión. En la ventana de programa se carga en la parte derecha el administrador de archivos del hosting y en la parte izquierda un administrador de archivos del PC que se esté usando. Arrastrar la carpeta que contenga el diseño de la página web al administrador de archivos del hosting y estará cargada la página en el hosting.
- La dirección del URL que tendrá la página será www.gps-espe.com. Ver figura 63.

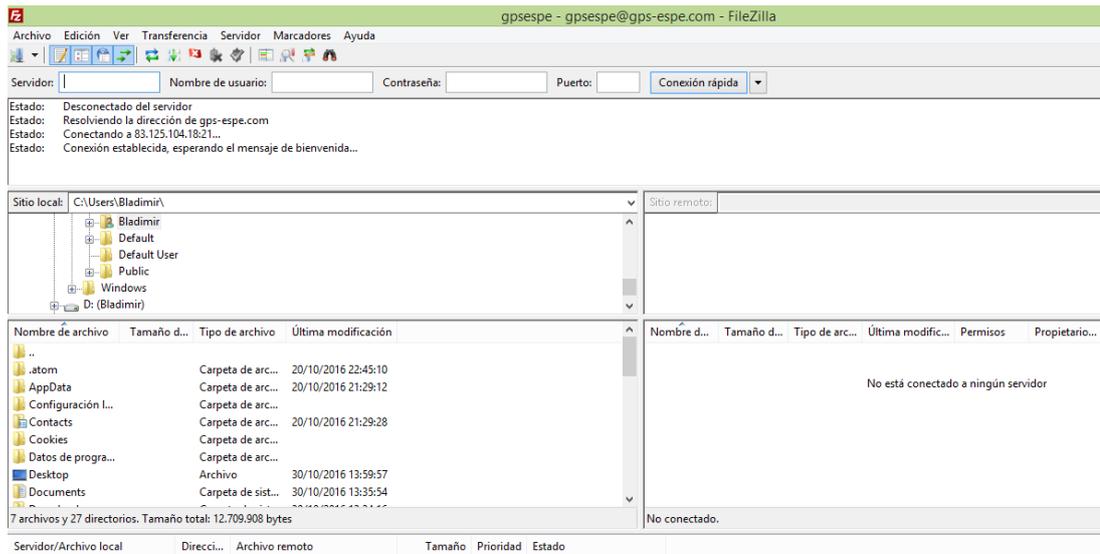


Figura 63. Conexión con la base de datos del hosting.

- En un navegador de internet en la parte de URL digitamos la dirección www.gps-espe.com para verificar que se cargó correctamente la página, en donde se puede ver el diseño creado. Ver figura 64.

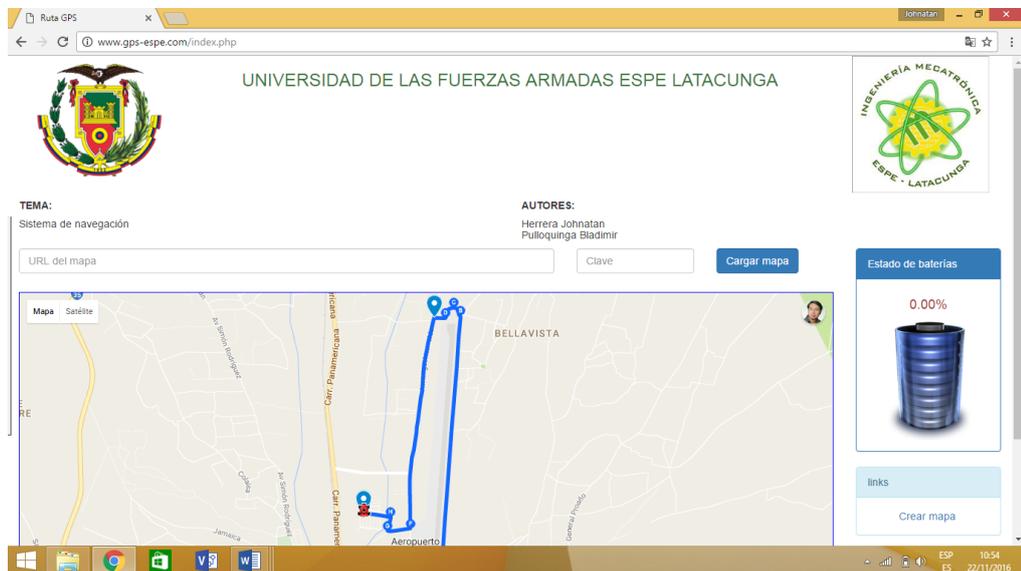


Figura 64. Página web

3.5. Diseño de hardware del sistema de navegación

3.5.1. Diagrama de flujo de la programación microcontrolador ATMEGA

Los siguientes diagramas de flujo corresponden a la programación del microcontrolador ATMEGA.

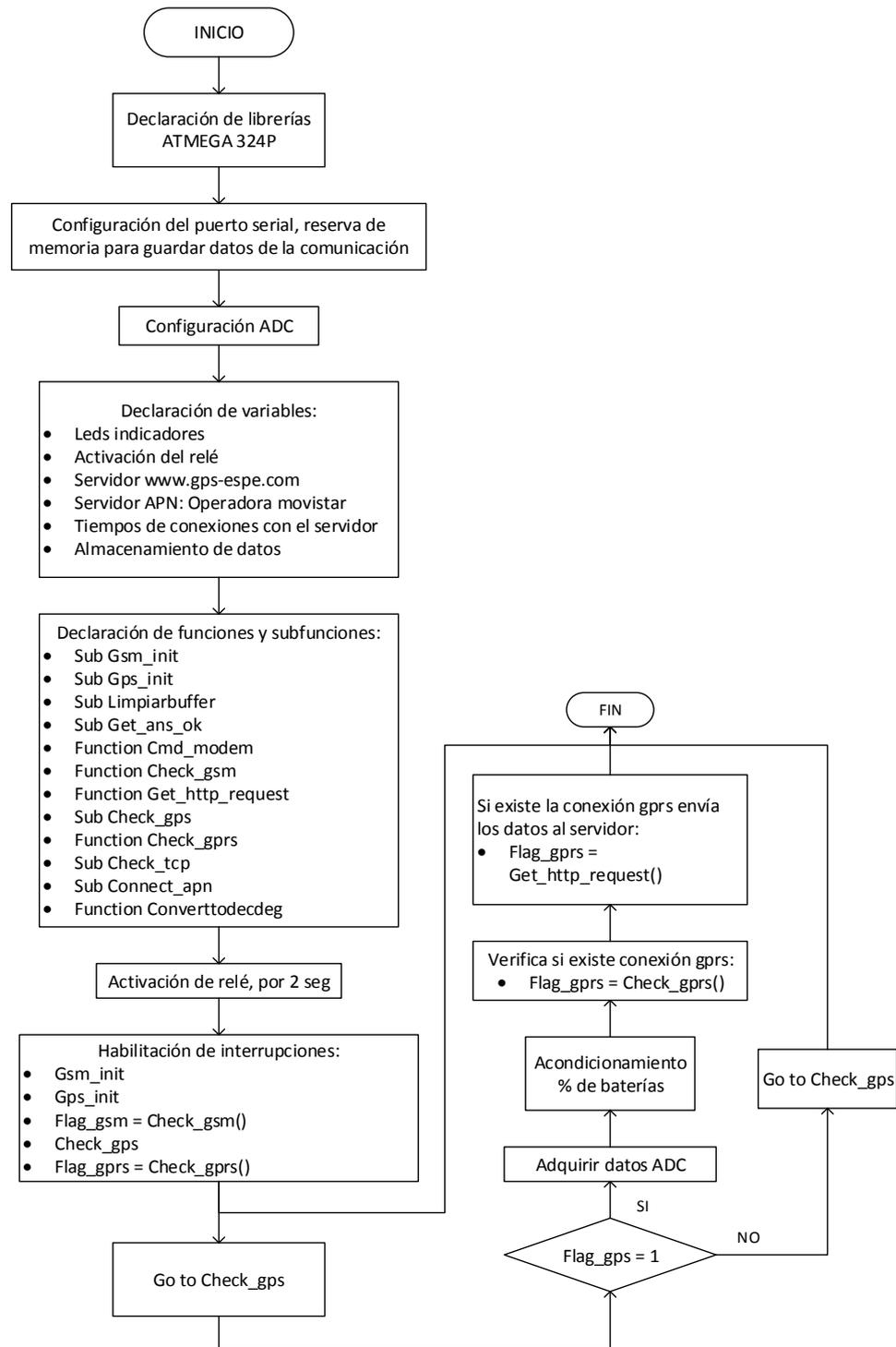


Figura 65. Programa principal

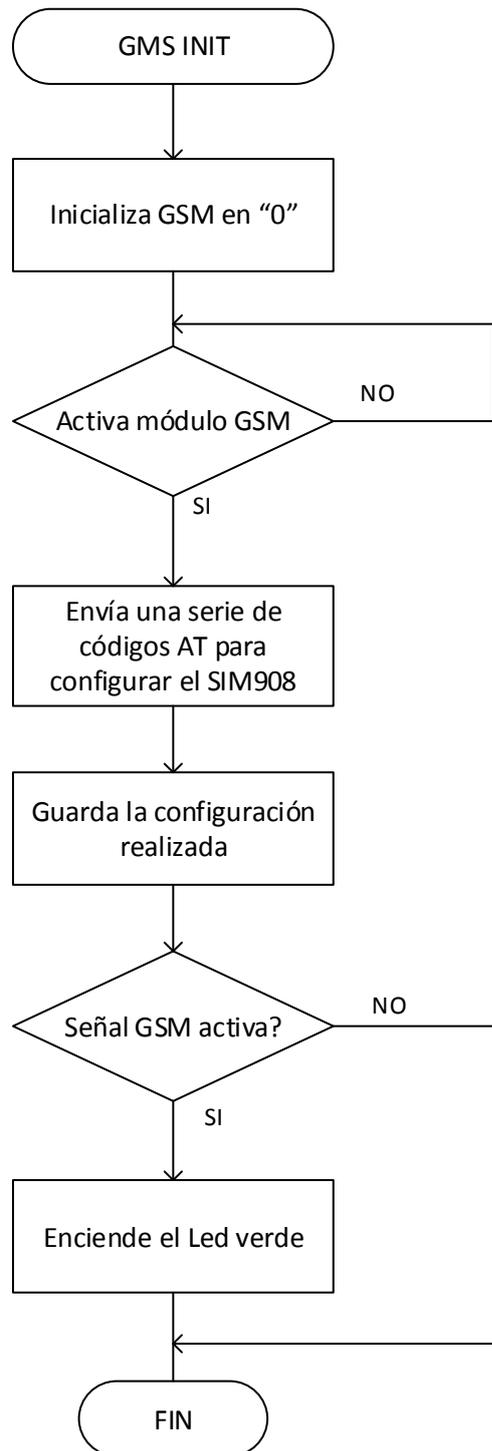


Figura 66. Comprobación de señal GSM en SIM908

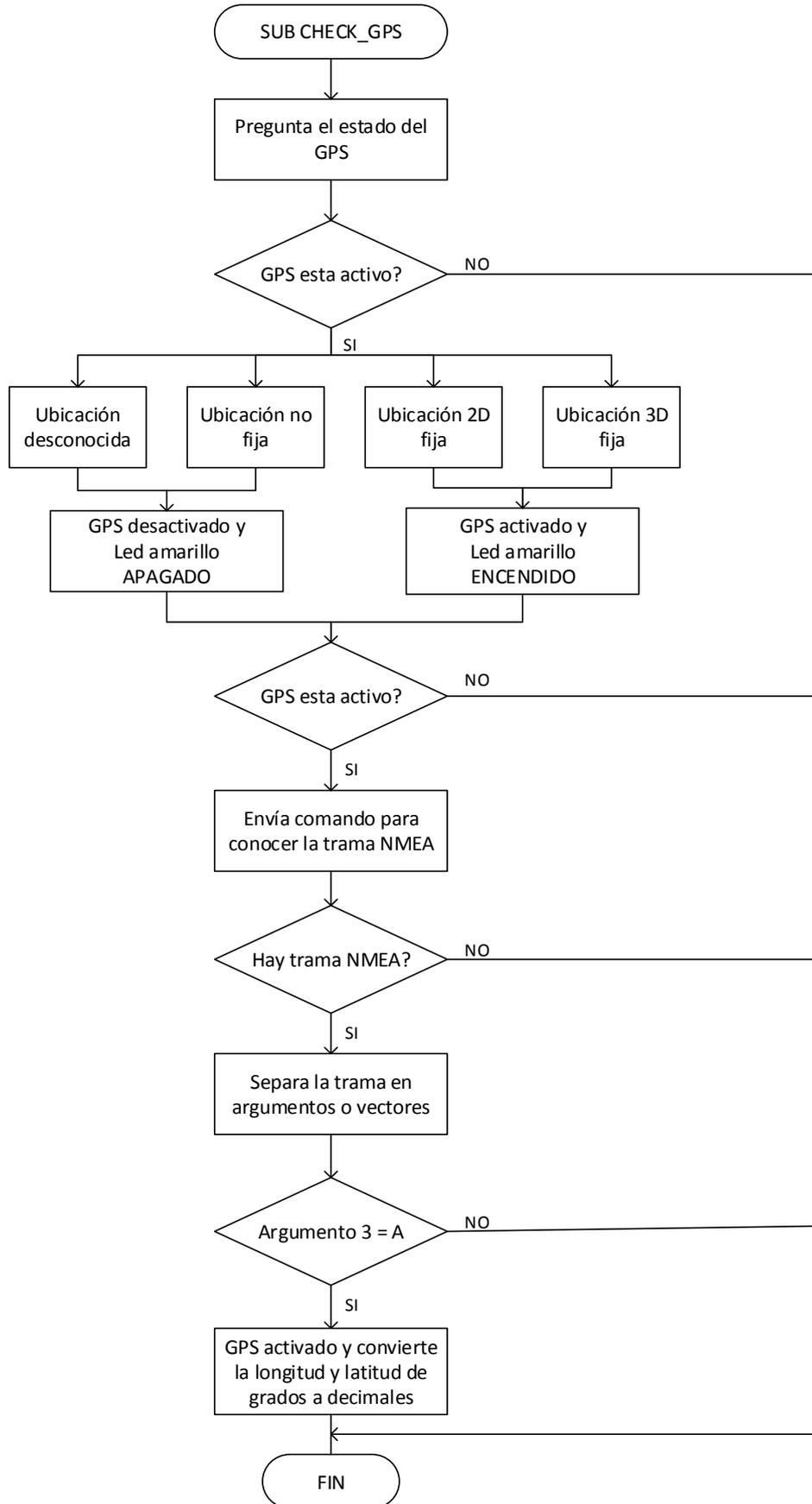


Figura 67. Activa GPS

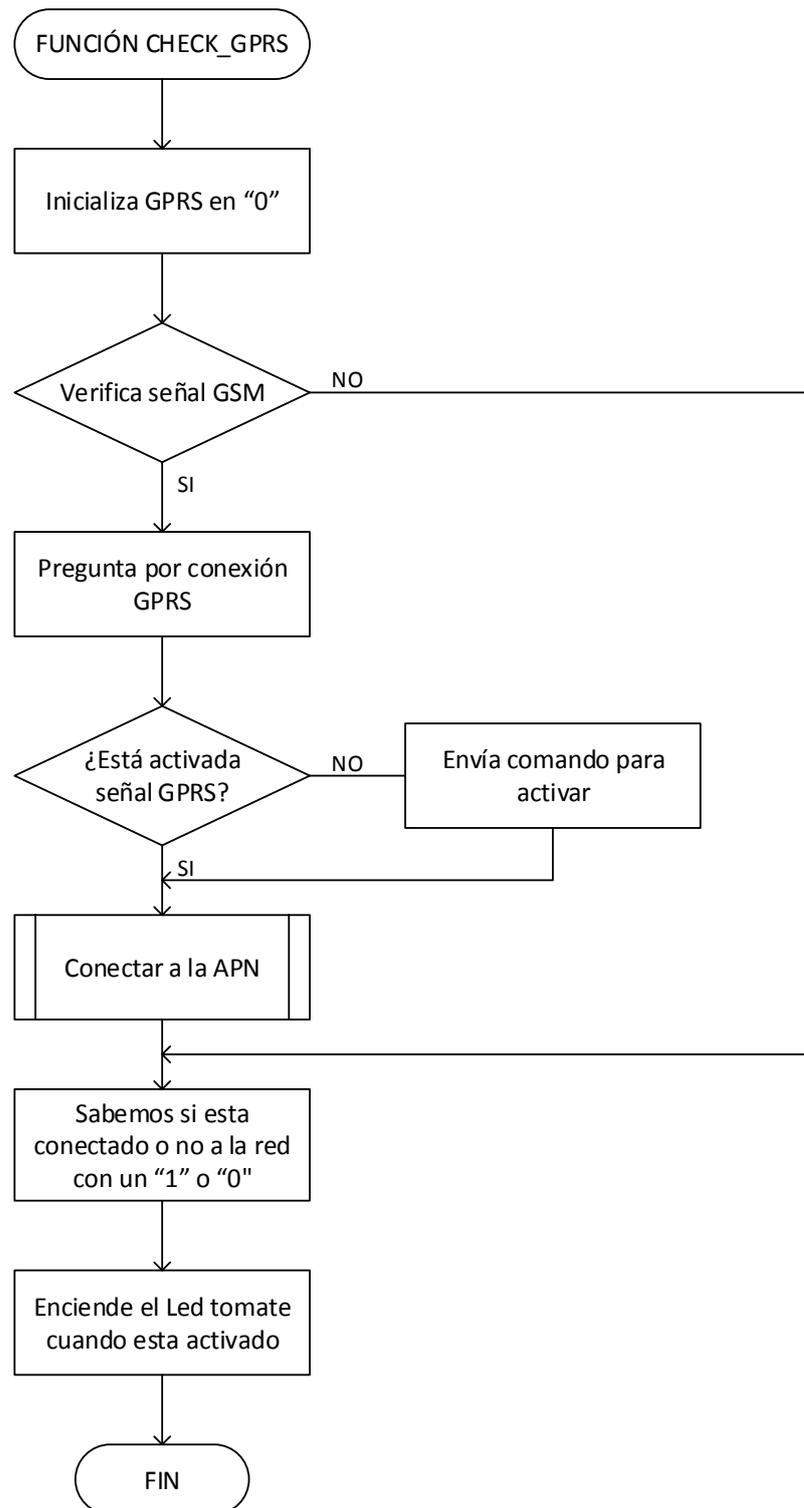


Figura 68. Verifica el estado de conexión GPRS

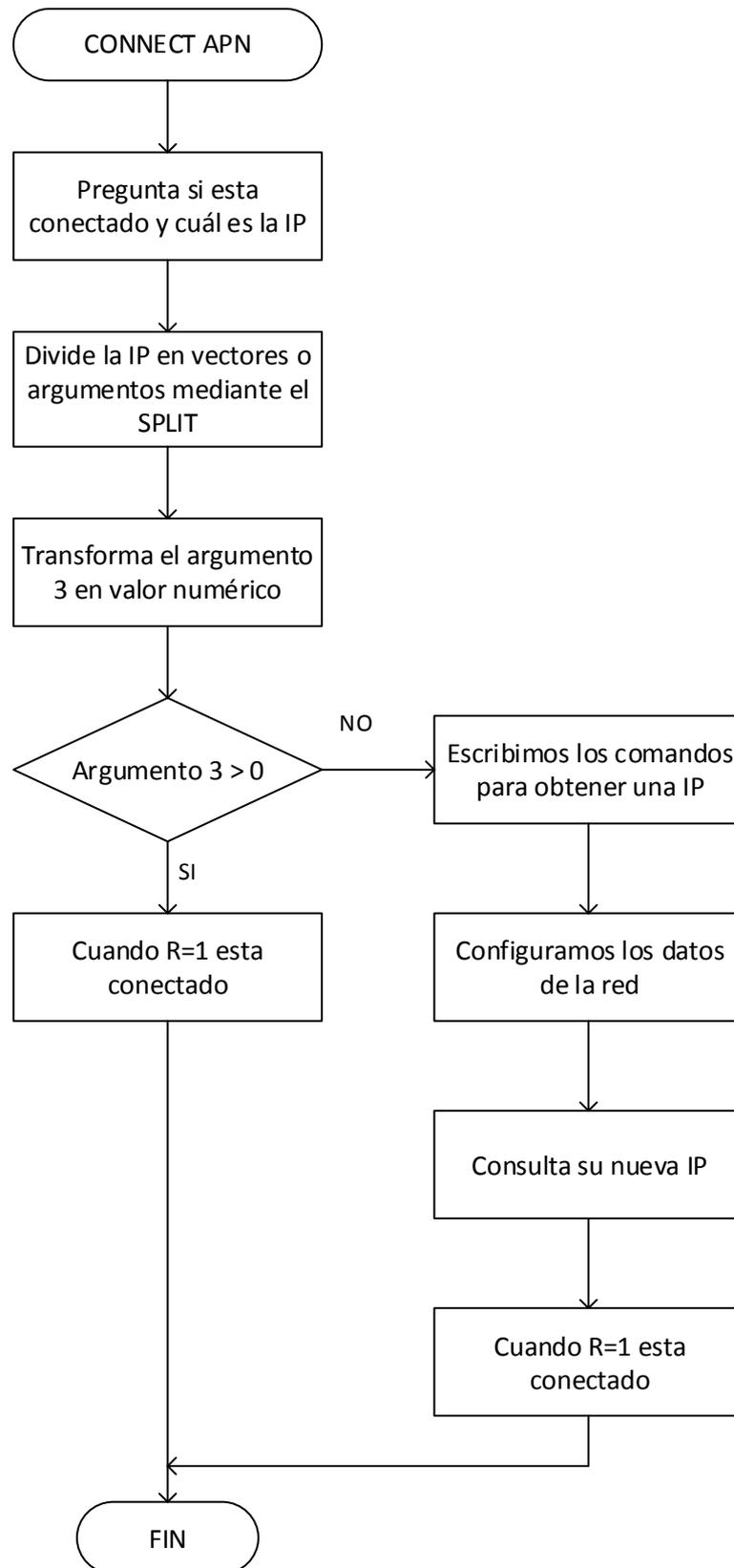


Figura 69. Verificación de IP

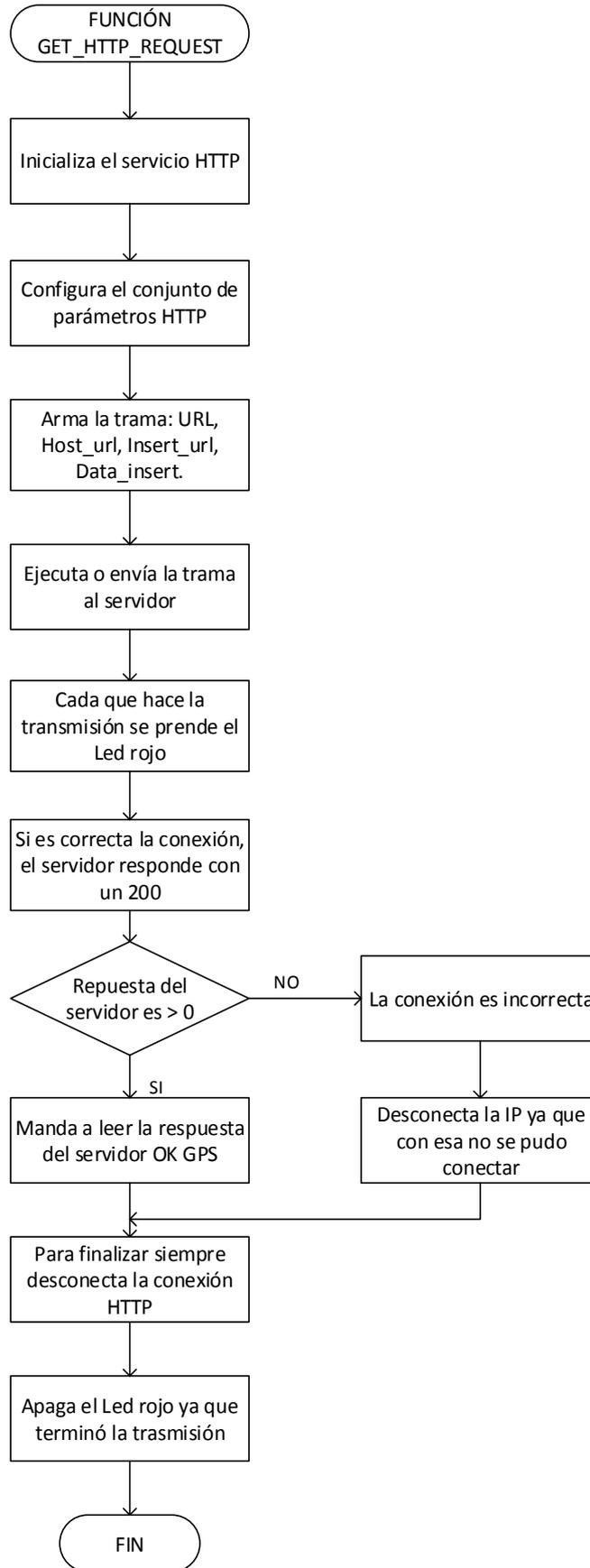


Figura 70. Configuración y comunicación con el servidor

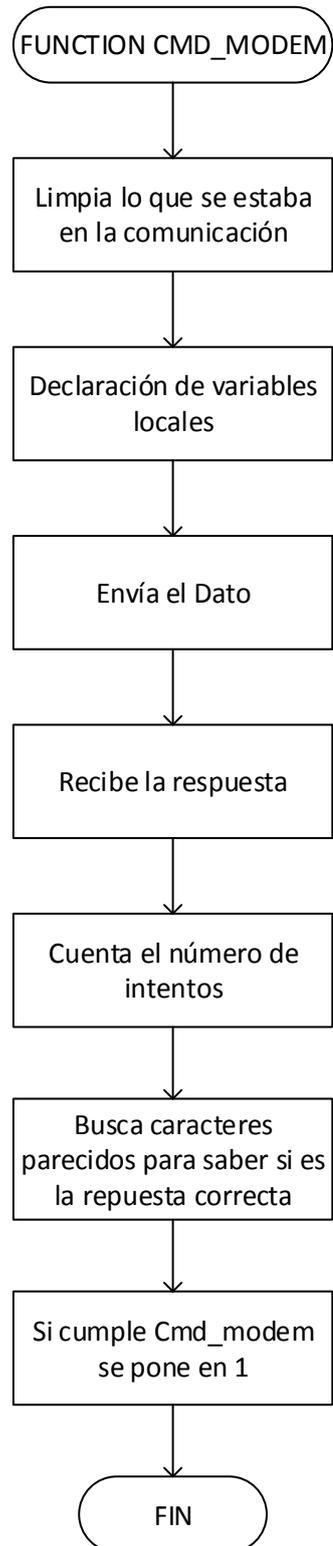


Figura 71. Limpia y comprueba lo de la comunicación

El código completo de la programación en el software bascom AVR se encuentra en el Anexo 4.

3.5.2. Comandos AT utilizados para la programación

La tabla 12 muestra los diferentes Comandos AT para la configuración y puesta en marcha de la tarjeta SIM908.

Tabla 12.

Comandos AT

GSM		
COMANDO AT	RESPUESTA	DESCRIPCIÓN
AT+CCALR?	+CCALR: 1	Me devuelve el estado de presentación de código de resultado y un número entero n con muestra si el módulo está actualmente listo para la llamada telefónica
AT	OK	Sirve para verificar si el módulo SIM908 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando.
ATE0	OK	Este ajuste determina si el adaptador de terminal emite o no eco de los caracteres recibidos de los equipos terminales durante el estado de comando Modo de eco desactivado
AT+IPR=115200	OK	Este parámetro determina la velocidad de datos del adaptador de terminal en la interfaz serie.
AT+CSQ	+CSQ	Informe de calidad de señal
AT+CMGF=1	OK	El adaptador de terminal establece el parámetro para indicar que la entrada y salida de mensajes a utilizar es modo texto.
AT+CNMI=3,2,0,0,0	OK	El adaptador de terminal selecciona el productor para saber cómo se indica la recepción de nuevos mensajes de la red al equipo terminal cuando el equipo terminal está activo
AT&W	OK	Adaptador de terminal almacena el ajuste de parámetros actual en el perfil definido por el usuario

GPS		
COMANDO AT	RESPUESTA	DESCRIPCIÓN
AT+CGPSPWR=1	OK	Prende la fuente de alimentación GPS.
AT+CGPSRST=1	OK	Restablecer GPS en modo de autonomía
AT+CGPSSTATUS?	+CGPSSTATUS: Location Unknown +CGPSSTATUS: Location Not Fix +CGPSSTATUS: Location 2D Fix +CGPSSTATUS: Location 3D Fix	Estado del GPS.
AT+CGPSINF=32	32	El adaptador de terminal devuelve la información de ubicación GPS con éxito

GPRS		
COMANDO AT	RESPUESTA	DESCRIPCIÓN
AT+CGATT?	+CGATT:	Estado del servicio GPRS.
AT+CGATT=1	OK	Indica el estado del archivo adjunto GPRS
AT+SAPBR=2,1	+SAPBR:	Configuración del portador para aplicaciones basadas en IP. Solicitante, portador está conectado.
AT+HTTPIPINIT	OK	Inicializar servicio HTTP
AT+HTTTPARA=	OK	Establecer el valor de los parámetros HTTP, URL, puerto de enlace.
AT+HTTTPACTION=0	OK	Obtener la especificación del método
AT+HTTTPREAD	OK	Leer todos los datos cuando se ejecuta AT+HTTTPACTION=0 ó AT HTTTPDATA.
AT+SAPBR=0,1	OK	Configuración del portador para aplicaciones basadas en IP. Portador cerrado, el portador está conectado
AT+HTTPTERM	OK	Finaliza el servicio HTTP

Fuente: (SIMCom,s.f.)

3.5.3. Diseño electrónico del hardware del sistema de navegación

El diseño se realizó en el software ISIS Proteus, en donde se puede simular el funcionamiento de elementos electrónicos usados. Ver figura 72.

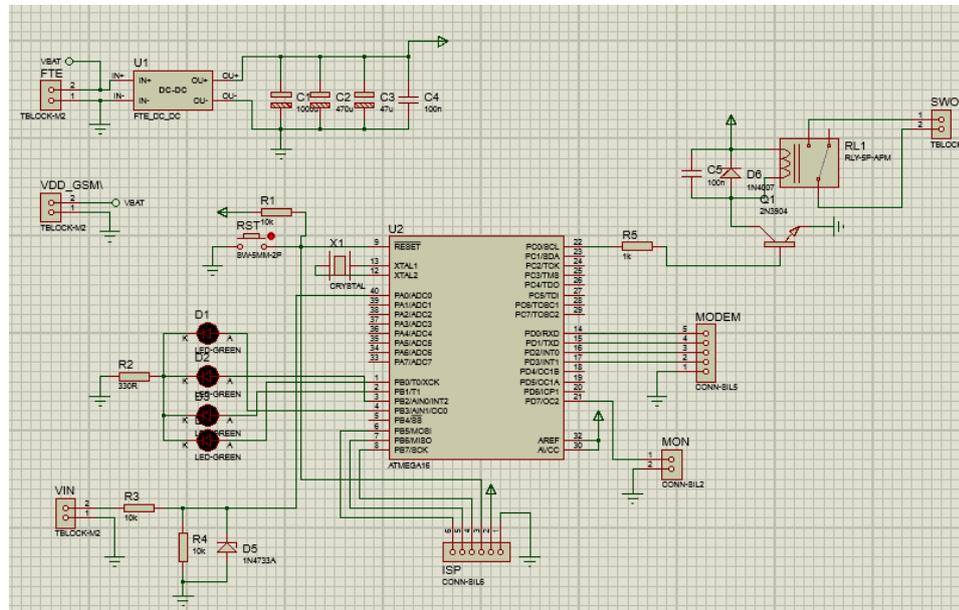


Figura 72. ISIS PROTEUS - Diseño electrónico

a) Descripción de componentes

- En la figura 73 se tiene el bloque que regula el voltaje que entra al microcontrolador. Se encuentra el regulador de 5 Voltios y capacitores para la disminuir el ruido que se pueda generar por la fuente.

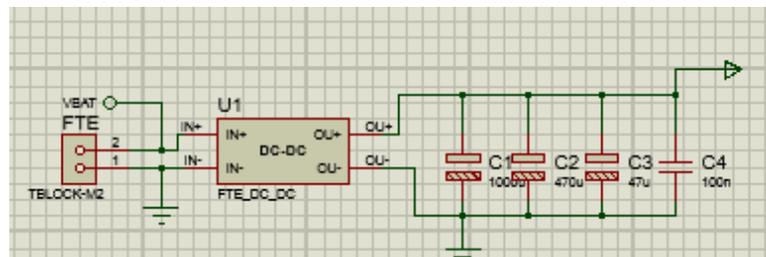


Figura 73. Regulador de voltaje 5 V

- En la figura 74 está el relé que permitirá activar o desactivar el modem GPRS.

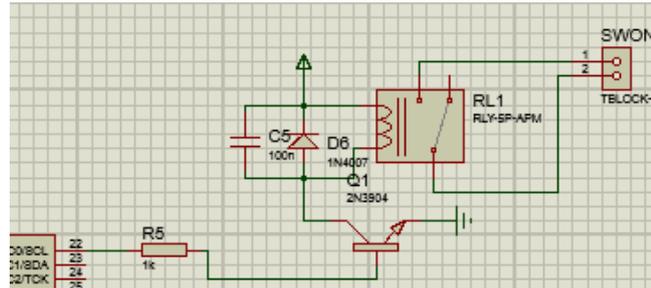


Figura 74. Relé de activación modem GPRS

- En la figura 75 está la entrada para la lectura analógica del porcentaje de baterías, en donde se tiene un divisor de voltaje y un diodo zener de 5 voltios, con el fin de proteger al microcontrolador.

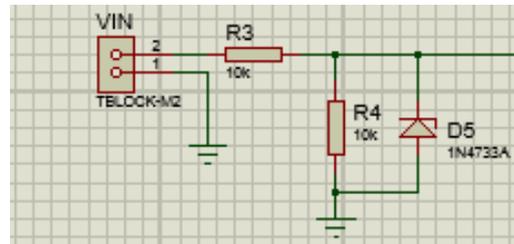


Figura 75. Entrada para lectura analógica.

- En la figura 76 se observa los leds indicadores de estado del hardware, el cual nos indica el funcionamiento en la comunicación de la tarjeta SIM908 con la conexión a la red y la página web.

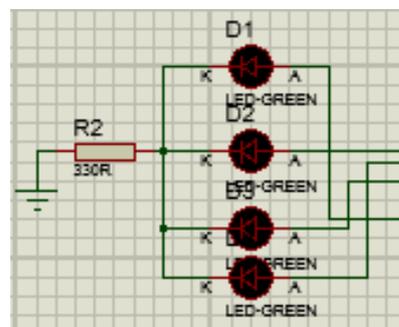


Figura 76. Leds Indicadores

- En la figura 77, se ve el microcontrolador ATMEGA 324, en la parte inferior se encuentran los pines para el programador, al costado derecho se

encuentran los pines para la comunicación serial entre el modem y la placa, también se encuentra el pin para monitor serial, el oscilador de 16 MHz y un pulsador para poder reiniciar el microcontrolador.

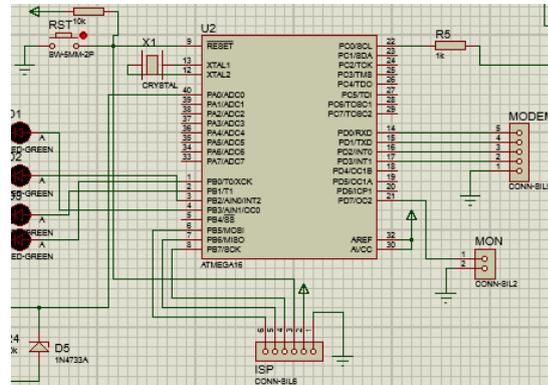


Figura 77. Diagrama del microcontrolador.

3.5.4. Diseño de la placa del Hardware

El diseño PCB de la placa se realizó en ARES Proteus. Se puede ver el diseño 2D de la placa en la figura 78 y en la figura 79 como es el diseño final en 3D.

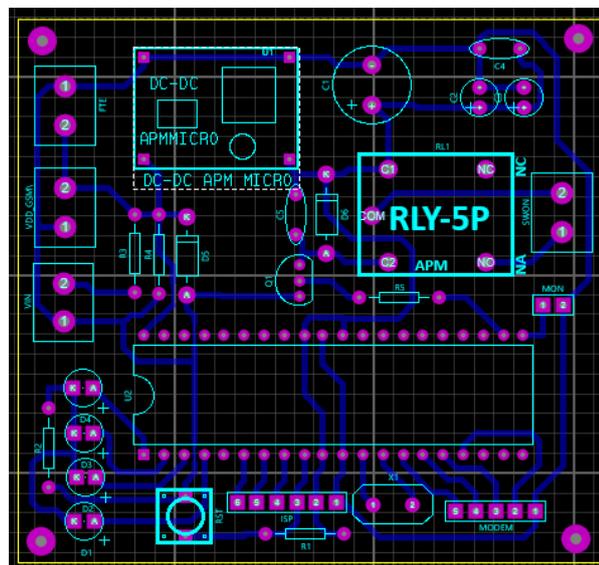


Figura 78. Diseño PCB de la placa.

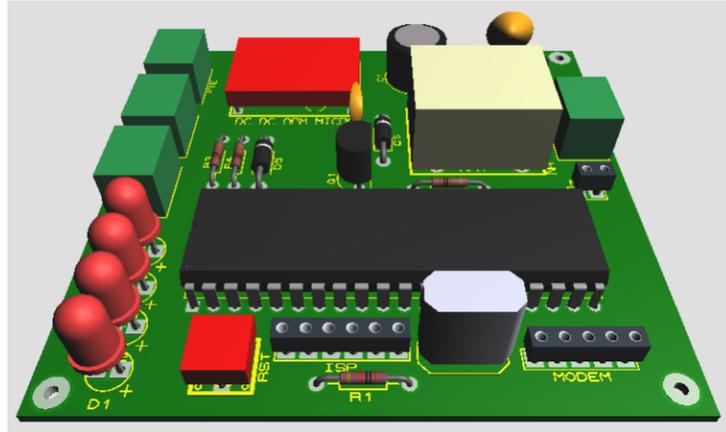


Figura 79. Diseño 3D placa hardware

3.5.5. Implementación de la placa para el hardware

En cuanto a la implementación:

- Se fabricó primero la placa, por medio de ataque químico, como se muestra en la figura 80.



Figura 80. Ataque químico.

- Como siguiente paso se procede a perforar para luego soldar todos los elementos electrónicos, observar la figura 81.



Figura 81. Suelda de componentes

- Se observa el primer prototipo de la placa terminada en la figura 82. Y en la figura 83 la placa terminada acorde al diseño realizado.



Figura 82. Primer Prototipo - Hardware



Figura 83. Placa utilizada en el sistema de navegación

3.6. Implementación de la tarjeta SIM908

Para implementar la parte electrónica se debe conectar la placa que tiene el microcontrolador Atmega 324 con la tarjeta SIM908 y a esto conectarle una batería externa para la alimentación de las mismas.

3.6.1. Tarjeta SIM908 GSM, GPS, GPRS

La tarjeta SIM908 como se muestra en la figura 84 se indican sus partes, las cuales tienen algunas especificaciones.

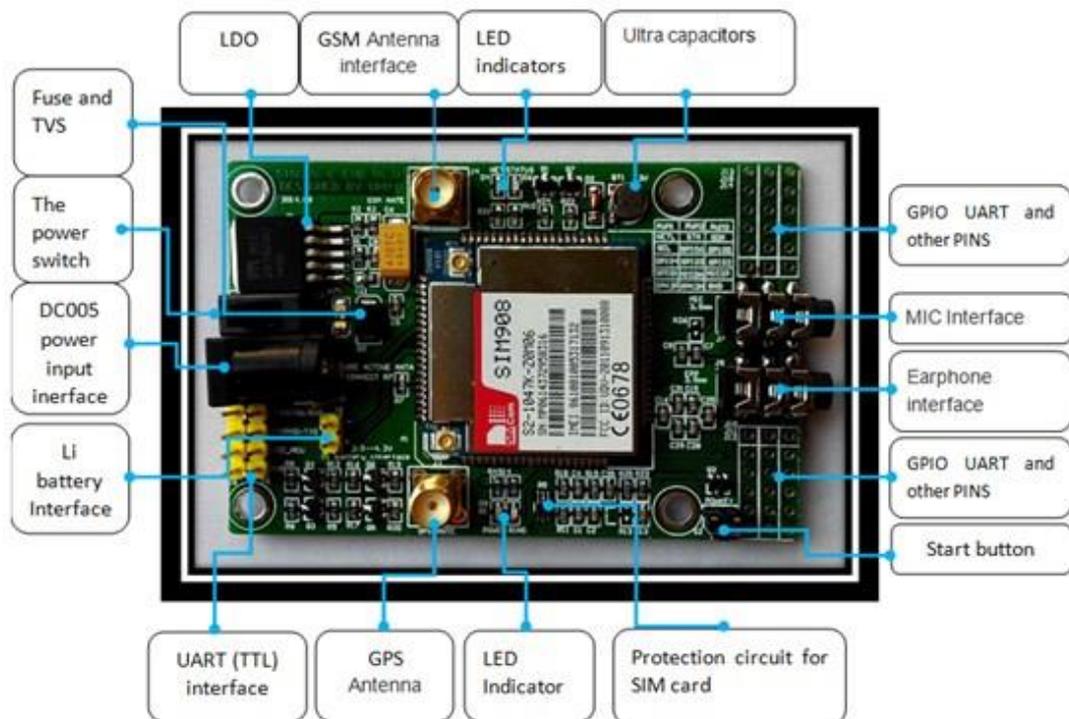


Figura 84. Partes de la tarjeta SIM908

a) Entrada de alimentación

La tarjeta tiene una entrada de alimentación DC005 de 5 – 26 voltios y la corriente para su funcionamiento debe ser de 2 amperios.

b) Interruptor de encendido

Tiene un switch de encendido de 2 posiciones el cual permite el paso de energía al módulo, cuando se va a utilizar el módulo el switch debe estar en modo OPEN; lo que quiere decir que la palanca del switch debe estar hacia la parte interior de la tarjeta.

c) Antenas

Tiene 2 antenas: La una antena es de la interface de GSM y la otra antena es de la interface GPS.

d) Interface TTL

Posee una interface TTL para realizar la comunicación de envío y recepción de datos tanto para el GSM y también para el GPS.

e) Botón de inicio

Una vez presionado el botón de encendido, un led (Power) se iluminará cuando la tarjeta esté energizada. Después de pulsar prolongadamente este botón, los otros tres led's se encenderán, un led comenzará a parpadear y la tarjeta SIM908 comenzará a funcionar. Cuando la fuente de alimentación, las antenas, la tarjeta SIM (Chip) están conectadas al módulo correctamente, el led destellará por el flash de arranque (1 segundo encendido y un segundo apagado), con esto el módulo está registrado a la red y funcionando correctamente.

3.6.2. Conexión de tarjeta SIM908

a) Colocar tarjeta SIM

En la parte posterior de la tarjeta SIM908 figura 85 tiene el apartado para insertar el chip, el cual es un Chip de la compañía Movistar y está activado un plan de datos para internet.



Figura 85. Colocación del Chip.

b) Encendido de la tarjeta SIM908

- Para encender la tarjeta se debe verificar que el switch se encuentre hacia la parte interior de la tarjeta como se muestra en la figura 86.



Figura 86. Posición de encendido del switch.

- La tarjeta tiene un botón de encendido, en el que está soldado unos cables (figura 87) para que sea activado por el microcontrolador.



Figura 87. Cables para el encendido.

- Tiene la entrada de voltaje al DC005 como se ve en la figura 88 desde la tarjeta del microcontrolador la cual va a ser activada por el relé.



Figura 88. Alimentación de la tarjeta SIM908

c) Recepción y envío de datos

Para la comunicación se utiliza la interfaz TTL como se ve en la figura 89 ya que tiene GPRS el canal Tx y Rx, y para el GPS solo se utiliza el canal Tx; estos tres canales de comunicación junto a un GND para su funcionamiento los cuales se conectan al microcontrolador Atmega 324.



Figura 89. Interfaz TTL para la comunicación.

3.7. Implementación de la placa del microcontrolador ATMEGA

La placa diseñada con el ATMEGA tiene varias partes que se conectan a la tarjeta SIM908 y también la entrada de alimentación.

3.7.1. Placa con el ATMEGA

La placa consta de varias partes como se indica en la figura 90, en las cuales se lleva a cabo las conexiones entre tarjetas y con una batería externa.

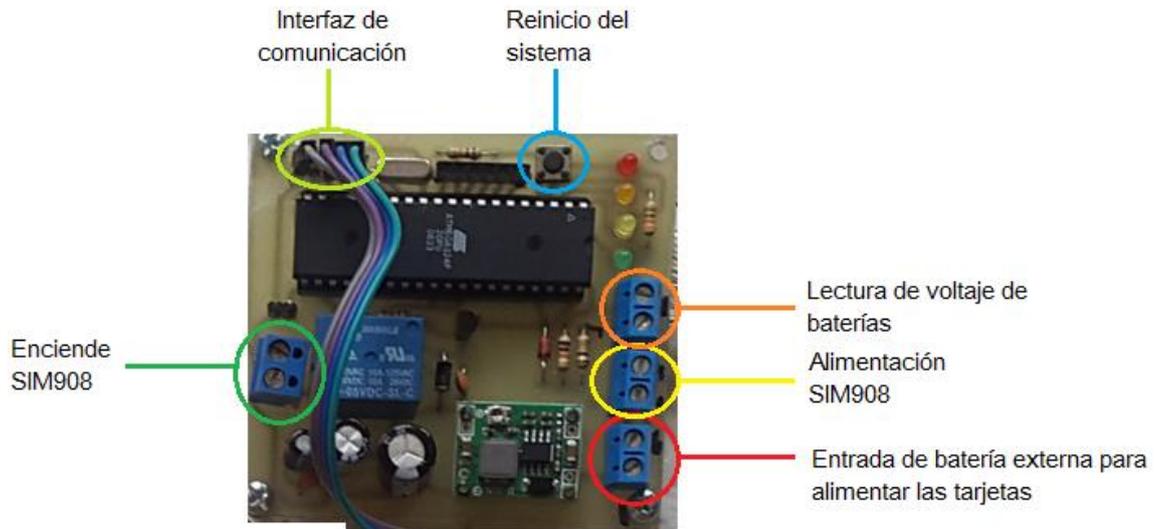


Figura 90. Conexiones de la tarjeta del microcontrolador ATMEGA

a) Interfaz de comunicación

La interfaz de comunicación sirve para la transmisión de datos de la localización de la tricicleta.

b) Lectura de voltaje de baterías

En esta entrada conectar las baterías que hace funcionar la tricicleta para observar el valor en % que estas se encuentran cargadas o descargadas.

c) Alimentación SIM908

Aquí se conecta el cable que energiza la tarjeta SIM908, el relé activa esta salida para que funcione la tarjeta.

d) Enciende SIM908

Aquí se conecta los cables para encender la tarjeta SIM908 que necesitan un pulso para su activación.

e) Entrada de batería externa

Esta entrada de batería externa es para alimentar la tarjeta del microcontrolador ATMEGA la misma que se observa en la figura 91 y mediante esta se energiza la tarjeta del SIM908.



Figura 91. Batería externa para el sistema de navegación

f) Reinicio del sistema

Es un pulsador el cual permite reiniciar el sistema de navegación en caso de ser necesario.

3.7.2. Presentación del Sistema de navegación

Una vez realizada las conexiones entre las tarjetas se coloca el proyecto en una caja para que sea compacto, de fácil manejo y su presentación sea adecuada.

a) Caja de proyecto

En una caja se realizan las perforaciones adecuadas para colocar las tarjetas en la parte interior y dejar visible los led's para visualizar el

funcionamiento del sistema de navegación, hay un pulsador para reiniciar y un switch para prender y apagar el sistema de navegación como se muestra en la figura 92.



Figura 92. Sistema de navegación

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Prueba del sistema de navegación

4.1.1 Tiempo de conexión

Para el sistema de navegación se toma el tiempo de conexión desde que se enciende hasta que reporta la ubicación en la página web, las pruebas realizadas se observan en la Tabla 13.

Tabla 13.

Tiempo de conexión

Nº Prueba	Tiempo (seg)
1	66
2	64
3	62
4	67
5	69
Promedio	66

Un promedio de 66 segundos es lo que se tarda en reportar la ubicación de la tricicleta, por lo cual si supera los 70 segundos se debe apagar y volver a encender el sistema de navegación.

4.1.2 Error del sistema de navegación

Para conocer el error de la ubicación emitido por el sistema de navegación se compara con la ubicación de una computadora portátil Toshiba Satellite L55-A5234 con la cual se accede a google maps para obtener la ubicación, tanto latitud y longitud como se muestra en la figura 93.

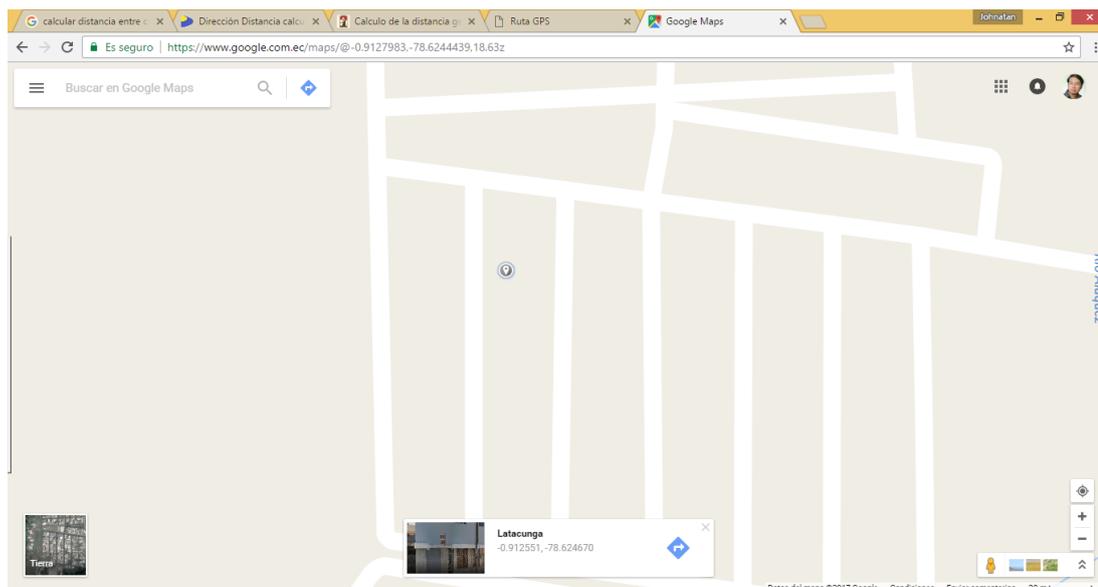


Figura 93. Localización de computadora portátil

En la parte inferior de la anterior figura se observa los datos de latitud y longitud para lo cual en la figura 94 se realizó un acercamiento para visualizar los valores, los cuales se comparan con los obtenidos por el sistema de navegación.

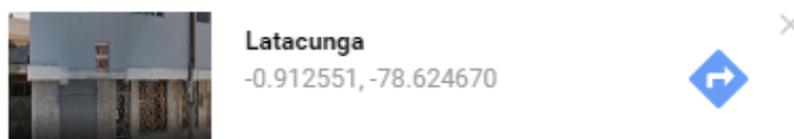


Figura 94. Latitud y longitud de la PC portátil

Una vez encendido el sistema de navegación se observa la localización en la página web www.gps-espe.com, como muestra la figura 95. Se ubica el sistema de navegación en el mismo punto que se encuentra la computadora portátil, y para la prueba se seleccionó la ubicación con mayor error en distancias entre las dos localizaciones.

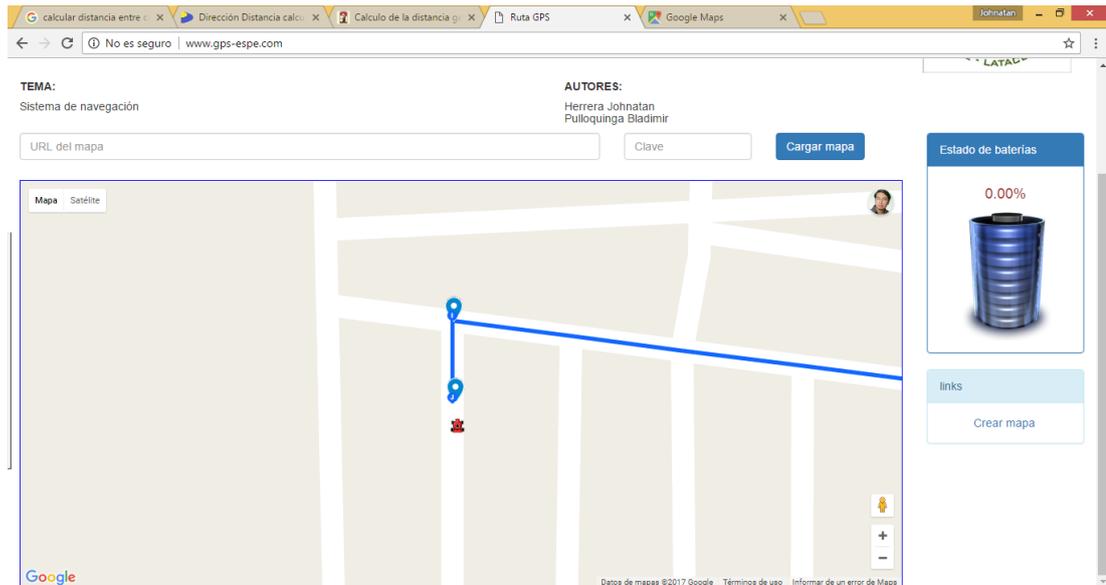


Figura 95. Localización del sistema de navegación

Para conocer los datos de latitud y longitud del sistema de navegación se conectó la tarjeta a través de RS-232 con la computadora y como se indica en la figura 96 se obtiene los datos exactos de la ubicación.

```

COM6 - PuTTY
OK/Tout: 0
AT+HTTPTERM->OK/Tout: 0
AT+CGPSSTATUS?->+CGPSSTATUS: Location 3D Fix/Tout: 0
AT+CGPSINF=32->32,182831.000,A,54.751822,S,7837.490479,W,0.00,299.30,110217,,E,A
GPSLat: -0.912530001
GPSLon: -78.624809262
GPSAlt: 0.0
flag_gps : 1
adc4: 276
BAT: 0.0
*** CHECK GSM ****
AT+CCALR?->+CCALR: 1/Tout: 0
AT+CCALR?: 1
-----
AT+CGATT?->+CGATT: 1/Tout: 0
AT+SAPBR=2,1->+SAPBR: 1,1,"10.133.251.224"/Tout: 0
-----
////////////////////////////////////
AT+HTTPINIT->OK/Tout: 0
AT+HTTPPARA="CID",1->OK/Tout: 0
AT+HTTPPARA="URL","www.gps-espe.com/?gpsini=si&lat=-0.912530001&lng=-78.624809262&carga=0.0"->OK/Tout: 0
AT+HTTPACTION=0->

```

Figura 96. Latitud y longitud del sistema de navegación

Para conocer la diferencia de la ubicación en metros entre la ubicación que reporta la computadora portátil con respecto al sistema de navegación se utiliza la aplicación SunEarthTools la cual nos permite ingresar las dos latitudes y longitudes, para tener como resultado la distancia que existe entre estas dos ubicaciones como se ve en la figura 97.

The screenshot shows the SunEarthTools interface with the following data:

Formato:	Coordenadas	Coordenadas DMS
<input type="radio"/> grados DMS <input type="radio"/> decimales DD <input checked="" type="radio"/> coordinar	<input type="text" value="[-]deg.dddddd, [-]deg.dddddd"/>	<input 2.4"="" 59'="" 73°="" n="" type="text" value="40° 45' 36" w"=""/>
coo. dd:	<input type="text" value="-0.912551, -78.624670"/>	
coo. dms:		<input 12°="" 29'="" 31.2"="" e"="" n="" type="text" value="41° 53' 24"/>
coo. dd:	<input type="text" value="-0.912530001, -78.624809262"/>	
coo. B dms:		
distancia	<input type="text" value="15.7 m"/>	<input type="text" value="km"/>
teniendo	<input type="text" value="278.58"/>	<input type="text" value="° grados"/>

Figura 97. Diferencia entre las localizaciones

Fuente: (SunEarthTools, 2017)

La distancia de 15.7 metros entre los dos sistemas de referencia se debe a que el GPS de la tarjeta SIM908 tiene un error de 0 a 20 metros y siendo este el error mayor obtenido en las pruebas ya que no siempre se tiene esa gran diferencia por lo cual se considera aceptable el sistema de navegación.

4.2. Prueba de la celda de carga

Se realizó varias pruebas para comprobar el funcionamiento de la celda de carga solar hacia las baterías, para lo cual se instaló el software MSView de Morningstar Corp. en una computadora portátil, el software permite tomar datos de Corriente (A), Voltaje de los paneles (V) y voltaje de la batería (V), se crea un archivo txt de los datos y sirve para realizar las gráficas del transcurso de tiempo de carga de las baterías.

Para las pruebas se descargaron las baterías hasta que la tricicleta dejó de funcionar y se conectó los paneles solares al controlador y este a la batería, por medio de comunicación RS-232 se conectó el controlador a la computadora portátil.

4.2.1 Datos de voltaje de paneles solares

Se tiene los datos de voltaje que el panel solar entrega a las baterías, como se observa en la figura 98, el voltaje que entrega a las baterías incrementa paulatinamente ya que cuando la batería está 100% cargada el voltaje supera los 70 voltios, se puede observar unos pequeños picos de voltaje debido a la irradiación del sol, pero en su mayor parte es constante la curva de voltaje de los paneles solares.

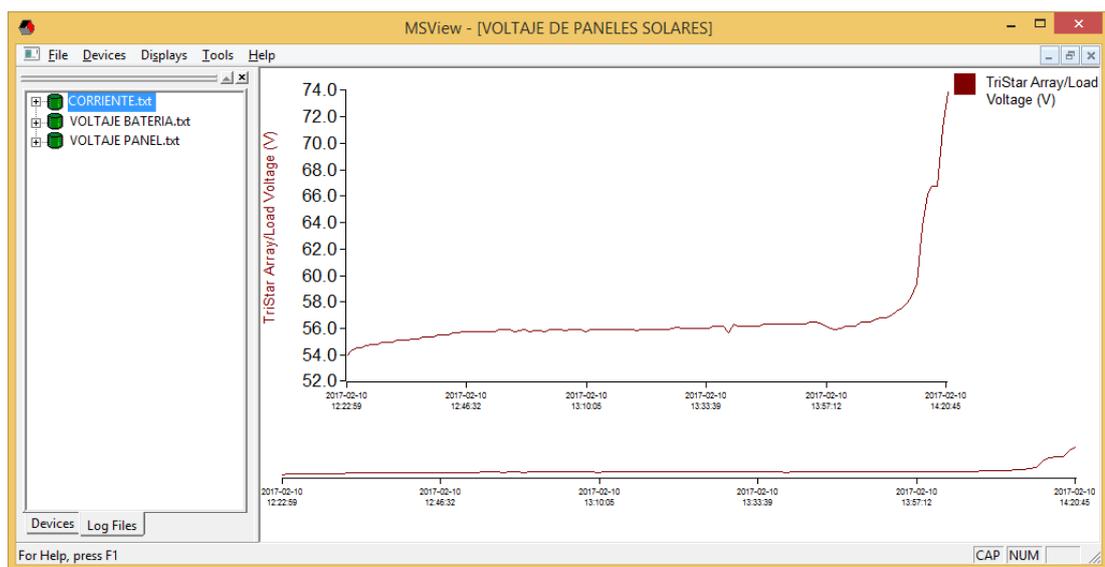


Figura 98. Voltaje de paneles solares

4.2.2 Datos de voltaje de batería

Cuando se pone en funcionamiento la celda de carga, el voltaje que entregan los paneles elevarán de inmediato el voltaje de las baterías, en el transcurso del tiempo de carga se observa en la parte final de la curva en la figura 99 que se estabiliza en 60 voltios y es cuando la batería llega a su 100%

de carga, en el controlador se observa el parpadeo del led verde lo cual nos indica que la carga a finalizado.

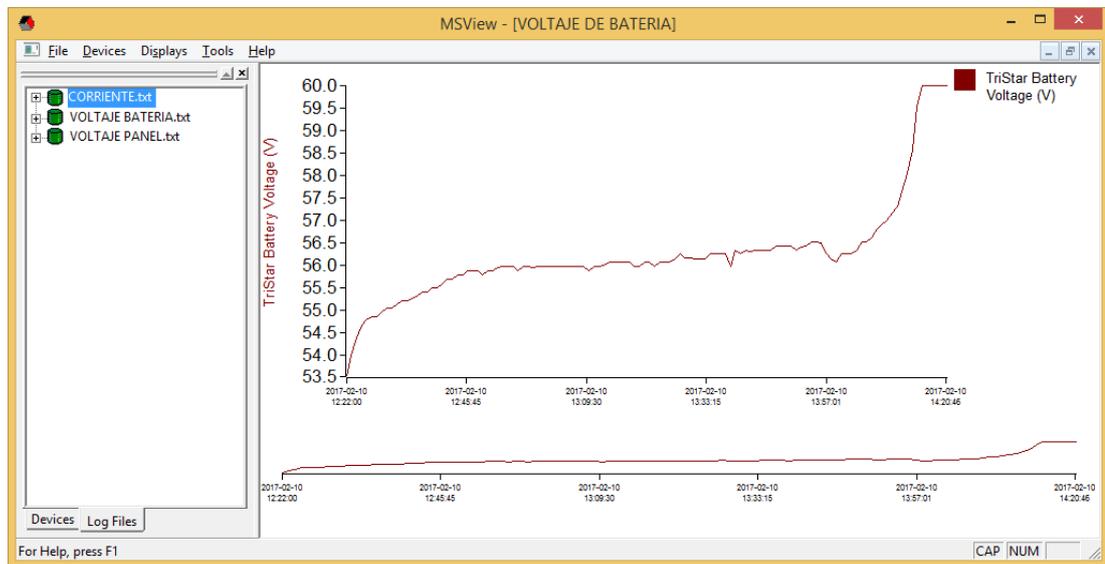


Figura 99. Voltaje de la batería

4.2.3 Datos de corriente de carga

En la curva de la corriente de carga de la figura 100 se puede apreciar que no hubo variaciones tan bruscas con la irradiación del sol, por lo cual se considera un día soleado y la corriente que entrega a la batería en su mayor parte del tiempo es mayor de 5 A. Cuando la batería está cerca de alcanzar su carga completa el controlador automáticamente va reduciendo la corriente hasta que esta llega a cero.

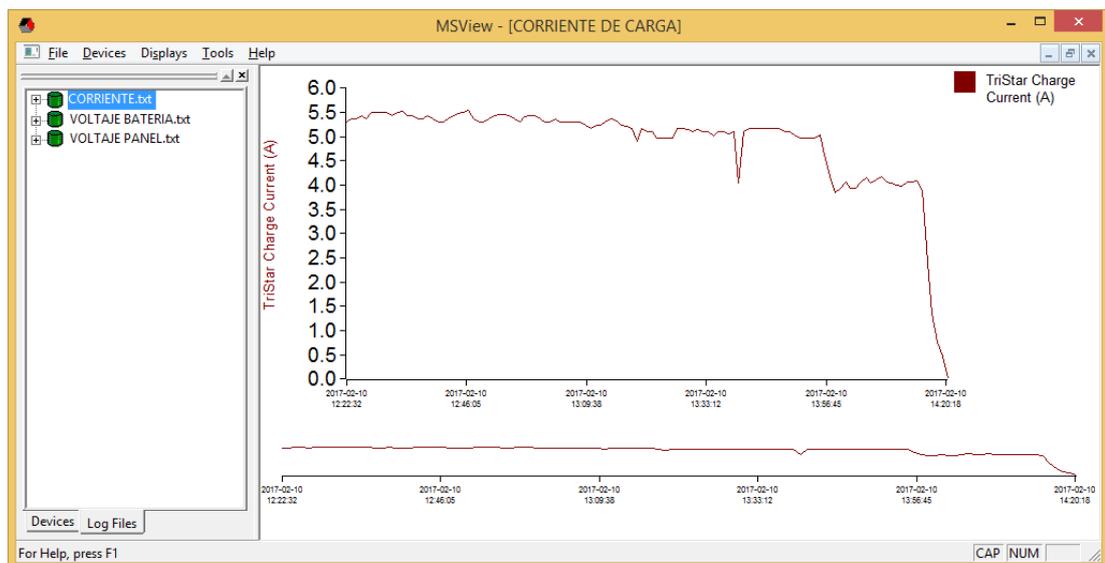


Figura 100. Corriente de carga

4.2.4 Tiempo de carga

El tiempo de carga de las baterías se toma de los datos recolectados en el archivo txt ya que podemos observar la hora exacta que inicia hasta la hora en la que finaliza la carga, así este tiempo fue de 1 hora y 54 minutos, prácticamente este tiempo va a variar dependiendo de la radiación solar existente.

4.3. Autonomía de las baterías

Para el funcionamiento de la tricicleta se tiene las dos baterías cargadas al 100%, el consumo de corriente depende de la ruta a recorrer, pero un promedio de funcionamiento es de 1 hora 30 minutos, teniendo en cuenta que en el desierto de atacama es una planicie y se trató de probar en condiciones similares a pesar que nuestra geografía es un poco irregular. Si la tricicleta funciona con una sola batería el tiempo de funcionamiento se reduce a un mínimo estimado de 30 minutos, dependiendo de las condiciones de la ruta a seguir.

4.4. Validación de hipótesis

En el transcurso del desarrollo de esta investigación se puede comprobar el funcionamiento tanto del sistema de navegación como de la celda de carga.

El sistema de navegación cumple con los fines propuestos de dar la localización y reportar a una página web la ubicación de la tricicleta, permite crear la ruta deseada por la cual va a circular la tricicleta.

La celda de carga solar permite cargar la batería en un tiempo de 1 hora y 54 minutos en un día completamente soleado, pero este tiempo varía dependiendo de la radiación solar, mientras más radiación solar exista más corriente va a ingresar a las baterías lo que permite cargar más rápido las baterías, en el desierto de atacama se carga más rápido ya que ahí es la parte con mayor radiación solar de toda la tierra.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El sistema de navegación y la celda de carga se realizó bajo la normativa de la carrera Atacama Solar Challenge 2016, es compacto, amigable con el usuario y de fácil transporte.
- La investigación en fuentes bibliográficas sobre vehículos solares no está muy avanzada debido a que son recientes las necesidades que busca una alternativa como la energía solar para sustituir a los combustibles, es por esto que la carrera Atacama Solar Challenge es una promotora de esta energía.
- El uso de energía solar en comparación a combustibles es una energía limpia porque contribuye a mantener el medio ambiente, se debe seguir impulsando el uso de esta energía pues es rentable.
- La selección de los componentes de la celda de carga se realizó tomando en cuenta la eficiencia y los costos de los paneles, los paneles solares monocristalinos son más económicos que los policristalinos y la eficiencia de los dos es casi relativa.
- La celda de carga solar se implementó para que no tenga fallas tanto en la parte mecánica como la parte eléctrica y con la selección del controlador se asegura la protección y cuidado de la vida útil de las baterías.
- El sistema de navegación se realizó de una manera sencilla para que interactúe con el usuario y esto es mediante una página web en la cual se visualiza la ubicación de la tricicleta, la creación de la ruta y el porcentaje de las baterías.

- El sistema de navegación fue diseñado para ser autónomo, tiene su propia batería, es compacto y de fácil conexión; posee entradas para conectar las baterías y conocer su porcentaje, se observa en los led's cuando está en funcionamiento.
- La página web se programó en lenguaje PHP debido a que es de fácil aprendizaje, es un lenguaje muy rápido y no requiere definición de tipos de variables, lo cual facilitó el desarrollo del proyecto.
- El proyecto de investigación funciona correctamente, se puede cargar las baterías con la celda de carga solar y el sistema de navegación da la ubicación de la tricicleta, se corrigieron fallas en la creación de rutas y el porcentaje de las baterías; dando como resultado un proyecto en perfecto funcionamiento para lo que fue diseñado.

5.2. Recomendaciones

- Revisar los cables con los conectores antes de conectar ya que cada conector es de diferentes entradas, para evitar algún daño de las tarjetas.
- Proteger los paneles solares y tener cuidado ya que tiene un vidrio templado el cual es sellado al vacío para mantener su grado de protección IP 65.
- Al encender el sistema de navegación hay un promedio de 66 segundos hasta que empieza a reportar en la página web, si supera este tiempo se debería apagar y volver a encender.
- Buscar toda la información necesaria de los dispositivos adquiridos para evitar daños y optimizar los tiempos de implementación de la mejor manera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atacama, C. S. (2016). *Bases Técnica 2016 Híbrido*. Chile: Versión 1.1. Obtenido de www.carrerasolar.com
- Burgos, I. (s.f.). *Energías Renovables*. Obtenido de Energías Renovables: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- Cantos, J. (2016). Parametros técnicos de las baterías. En J. Cantos, *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas* (págs. 101-102). Madrid: Paraninfo.
- Cantos, J. (2016). Reguladores de carga. En J. Cantos, *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas* (págs. 55-56). Madrid : Paraninfo.
- EcoPotencia. (2010). *Incidencia Solar*. Obtenido de EcoPotencia: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- EdC. (2016). *Tpos de Baterías*. Obtenido de Enciclopedia de Clasificaciones: <http://www.tiposde.org/cotidianos/420-tipos-de-baterias/>
- ELECTRONICS, N. (s.f.). *NKS ELECTRONICS*. Obtenido de NKS ELECTRONICS: http://www.nskelectronics.com/sim908__gps_gsm__gprs_modem_.html
- Espín, A. G., & Chilibingua, C. I. (2015). *SISTEMA ELÉCTRICO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR PARA LA MOVILIZACIÓN DE UNA TRICICLETA SOLAR QUE REPRESENTARÁ A LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - EXTENSIÓN LATACUNGA EN LA CARRERA "ATACAMA SOLAR CHALLENGE-CHILE"*. Latacunga: ESPEL.
- Fernández, M. (2010). Acumuladores de energía. En M. Fernández, *Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica* (págs. 39-41). Madrid: Liber Factory.
- ICAI. (2015). Componentes del Sistema Fotovoltaico. En ICAI, *Componentes del Sistema Fotovoltaico* (págs. 2-3). Madrid: SunEdison.
- IngeLibre. (09 de 11 de 2014). *Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica*. Obtenido de IngeLibre: <https://ingelibreblog.wordpress.com/>
- ISF. (1999). Parametros técnicos de los paneles fotovoltaicos. En IngenieríasinFronteras, *Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo* (págs. 61-64). Madrid: IEPALA.

- Lapuente, M. J. (08 de Diciembre de 2013). *Interfaz Gráfica*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de Interfaz Gráfica: <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>
- Larrodé, E. (1997). Descripción general. En E. Larrodé, *Automóviles Eléctricos* (págs. 34-36). Zaragoza: INO Reproducciones S.A.
- López, H., & González, R. (1996). Interfaz del Usuario . En H. López, & R. González, *Programación de robots industriales* (págs. 224-225). España: Universidad de Oviedo.
- Maloney, T. (2006). Celda Fotovoltaica . En T. Maloney, *Electrónica Industrial Moderna* (5ta Edición ed., pág. 417). México: Pearson Educación.
- Marianela, G., & Luis, A. (1999). Orientacion de paneles solares. En G. Marianela, & A. Luis, *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo* (págs. 81-82). Madrid: IEPALA.
- Mascarós, V. (2016). Criterios de intalación de paneles fotovoltaicos. En V. Mascarós, *Gestión de montaje de instalaciones fotovoltaicas* (págs. 62-74). España: Paraninfo.
- Mascarós, V. (2016). Funcionamiento de los reguladores . En V. Mascarós, *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas* (págs. 106-108). Madrid: Paraninfo.
- Microchip-ATMEL. (s.f.). *Atmega 324P*. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de Microchip ATMEL: <http://www.atmel.com/devices/atmega324p.aspx>
- MORNINGSTAR. (s.f.). *Controlador del sistema de carga solar Manual de instalación y operación*. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de MORNINGSTAR: www.morningstarcorp.com
- Moro, M. (2010). Tipos de células fotovoltaicas. En M. Moro, *Intalaciones Solares Fotovoltaicas* (págs. 34-41). Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales* (Vol. Quinta Edición). México, D.F.: Pearson Educación.
- Olmedillas, J. C. (2012). Sistema de navegación GPS. En J. C. Olmedillas, *Introducción a los sistemas de navegación por satélites* (págs. 35-36). Barcelona: Editorial UOC.
- Pérez, D. (Noviembre de 2007). *M/W*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de M/W: <http://www.maestrosdelweb.com/los-diferentes-lenguajes-de-programacion-para-la-web/>
- QMAX. (s.f.). *Ecuación de Baterías*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de Ecuación de Baterías: www.qmax.com.ar

- Ramírez, L. M. (2015). *Diseño e Implementación del sistema solar fotovoltaico para una tricicleta híbrida impulsada por energía solar*. Latacunga: ESPEL.
- Recio, J. (2010). *newton.cnice*. Obtenido de newton.cnice: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm
- Roldán, J. (2011). Construcción de módulos fotovoltaicos. En J. Roldán, *Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares* (págs. 176-178). España: Ediciones Paraninfo.
- Stackhouse, P. (s.f.). *NASA Surface meteorology and Solar Energy*. Obtenido de NASA Surface meteorology and Solar Energy: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=-0.910661&lon=-78.599961&submit=Submit>
- Sunlink-PV. (20 de 02 de 2017). *Solar module Module Nono crystalline*. Obtenido de www.sunlink-pv.com
- TF_SOLAR. (20 de 02 de 2017). *Peles solares de 12 V*. Obtenido de <http://www.tiendafotovoltaica.es/Panel-solar-monocristalino-Sunlink-de-100W/172V/581A>
- UCHILE. (2016). *Explorador de Energía Solar*. Obtenido de <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/>
- UCHILE. (2016). Radiación. En UCHILE, *Explorador Solar para uatoconsumo* (págs. 1-2). Chile: fcfm.
- Vidal, F., Más, J. J., & Gonzáles, M. (s.f). Vehículos Solares. En F. Vidal, J. J. Más, & M. Gonzáles, *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad* (pág. 323). Madrid: Editex.

ANEXOS

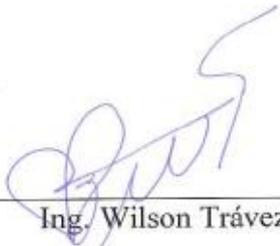


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
**JOHNATAN GERARDO HERRERA VEINTIMILLA y CELIANO BLADIMIR
PULLOQUINGA MOLINA.**

En la ciudad de Latacunga, a los **22 días del mes de febrero del 2017.**



Ing. Wilson Trávez

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Vicente Hallo

DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO