



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**“Desarrollo de hardware y firmware para un trazador
lagrangiano basado en paneles solares y ultracapacitores”**

AUTOR

MOREIRA TORRES MAURICIO JEFFERSON

PROFESOR TUTOR

ING.SENDEY AGUSTÍN VERA GONZÁLEZ, MACI

LA LIBERTAD – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien ha sido el pilar fundamental para culminar con éxito mi carrera profesional, a mi madre que con esfuerzo supo brindarme el apoyo moral y económico, motivándome en cada etapa de todos estos años de estudio superior. Al ingeniero Arturo Cadena quien fue el investigador que aportando con sus ideas motivó al desarrollo y culminación del proyecto. Al tutor ingeniero Sendey Vera quien formó parte del desarrollo de conocimientos en la materias de especialidad de la carrera y en general a todos los docentes que impartieron sus conocimientos en cada materia a lo largo de los años lectivos.

Mauricio Jefferson Moreira Torres.


APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: “**Desarrollo de Hardware y Firmware para un trazador lagrangiano basado en paneles solares y ultracapacitores**”, elaborado por el estudiante **Moreira Torres Mauricio Jefferson**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.


La libertad, 4 de Diciembre del 2017


.....
Ing. Sendey Vera González, MACI

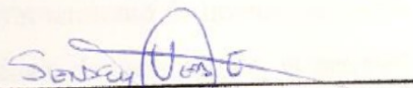
TRIBUNAL DE GRADO



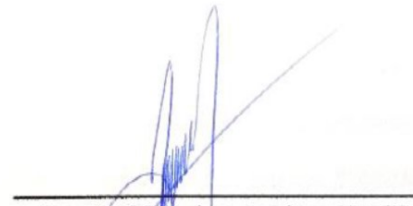
Ing. Shendry Rosero Vásquez, MgTIC.
DECANO ENCARGADO DE FACULTAD



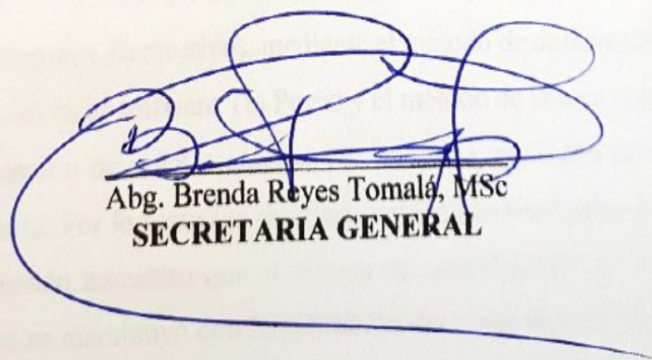
Ing. Washington Torres Guin, Msig.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Sendey Vera González, MACI
PROFESOR TUTOR



Ing. José Sánchez Aquino, MACI
PROFESOR DE ÁREA



Abg. Brenda Reyes Tomalá, MSc
SECRETARIA GENERAL

RESUMEN

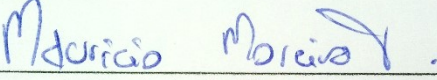
Un trazador es un equipo que sirve para obtener la dirección, posición y trayectoria de un objeto que ha sido desplazado por la corriente de una zona marina determinada. En esta propuesta se pretende construir un trazador compuesto de partes electrónicas que sirven para obtener tramas de datos con conexión inalámbrica desde el trazador lagrangiano hacia un dispositivo Android. La presente propuesta tecnológica trata del diseño de hardware y software de un trazador lagrangiano utilizando un ultracapacitor que realizará el almacenamiento de energía proporcionada por los paneles solares y esta abastecerá al sistema para que realice la recopilación de datos en el mar. Las adaptaciones que va a presentar este proyecto están enfocadas propiamente en la alimentación de voltaje, debido a que el trazador va a tener una fuente de energía renovable solar. Se desarrolló un circuito que permitía distribuir esa energía de manera automática, de tal forma que el consumo de cada elemento electrónico sea mínimo para que la carga del trazador tenga mayor durabilidad. Los proyectos realizados en el Ecuador con energía renovable y ultracapacitores son muy escasos por lo que este trabajo es un gran aporte en este campo, existiendo ya trabajos con energía mecánica a energía eléctrica. La investigación de campo se aplica en el periodo de pruebas en el cual primero se realizaron en piscinas a medida que se ensamble el trazador hasta llegar a las pruebas finales que serán en el mar. Se demostró que el trazador lagrangiano realizó recolección de datos, también que el diseño de conversión de energía solar a energía eléctrica tenía una eficiencia de al menos un 80%. Se probó la fiabilidad del hardware del trazador, debido a que estas partes son de diseño exclusivo y se fabricarán por medio de impresión 3D.

ABSTRACT

A tracer is a device used to obtain the direction, position and trajectory of an object that has been displaced by the current of a specific marine area. In this proposal we intend to build a plotter composed of electronic parts that are used to obtain data frames with wireless connection from the Lagrangian plotter to an Android device. The present technological proposal deals with the design of hardware and software of a Lagrangian tracer using an ultracapacitor that will store the energy provided by the solar panels and this will supply the system so that it can collect the data at sea. The adaptations that this project will present are focused properly on the voltage supply, because the tracer will have a source of renewable solar energy. A circuit was developed that allowed to distribute that energy in an automatic way, in such a way that the consumption of each electronic element is minimum so that the load of the tracer has greater durability. The projects carried out in Ecuador with renewable energy and ultracapacitors are very scarce, which is why this work is a great contribution in this field, since there are already works with mechanical energy to electric power. Field research is applied in the testing period in which they were first performed in pools as the tracer is assembled until the final tests that will be at sea. It was demonstrated that the Lagrangian tracer carried out data collection, also that the design of conversion of solar energy to electric power had an efficiency of at least 80%. The reliability of the plotter hardware was tested, because these parts are of exclusive design and will be manufactured by means of 3D printing.

DECLARACIÓN

El contenido del presente trabajo de titulación es de responsabilidad propia: el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Mauricio Jefferson Moreira Torres

TABLA DE CONTENIDOS

ITEM	PÁGINA
AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DE TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	1
FUNDAMENTACIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	3
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO	5
1.7 METODOLOGÍA	5
CAPÍTULO II	6
PROPUESTA TECNOLÓGICA	6
2.1 MARCO CONTEXTUAL	6
2.2 MARCO CONCEPTUAL	8
2.3 MARCO TEÓRICO	12
2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA	13
2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS	13
2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS	20
2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA (ESQUEMA)	22
2.5.1 DISEÑO ELECTRONICO DEL TRAZADOR LAGRANGIANO	23
2.5.1.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL T.L.	24
2.5.1.2 DETALLES SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ULTRACAPACITOR	24
2.5.1.3 DISEÑO DE PLACA PCB DEL CIRCUITO DE CARGA DEL TL	32
2.5.1.4 SISTEMA DE CONTROL	36
2.5.1.5 SENSORES	39
2.5.2 DISEÑO DE FIRMWARE	43
2.5.3 DISEÑO FÍSICO DEL TRAZADOR LAGRANGIANO	49
2.6 COSTOS DEL PROYECTO	60
2.7 PRUEBAS	62
2.7.1 PRUEBAS DE LABORATORIO	62
2.7.2 PRUEBAS EN EL PERFIL COSTERO (AYANGUE)	67
2.8 RESULTADOS	70

2.8.1 TRAYECTORIA DEL TRAZADOR LAGRANGIANO	75
OBSERVACIONES	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	85

INDICE DE FIGURAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1	Diagrama de bloques del sistema propuesto del trazador lagrangiano	2
Figura 2	Trazador Lagrangiano	6
Figura 3	Trazador en área de operación	6
Figura 4	Ubicación de Ayangue en Google Maps.	7
Figura 5	Derivador basado en GPS, monitoreado por Radio	8
Figura 6	Ejemplo de estudio de corrientes por método Lagrangiano	9
Figura 7	Estructura del Hardware del Trazador Lagrangiano	9
Figura 8	Carga y Descarga de un ultracapacitor	11
Figura 9	Supercapacitor Maxwell 2.85V	14
Figura 10	Arduino Mega 2560 R3	15
Figura 11	Módulo Bluetooth parte frontal	15
Figura 12	Gps Ublox Neo 6M pines de conexión	17
Figura 13	MicroSd Catalex, parte frontal	18
Figura 14	MicroSd Tarjeta de Pines	18
Figura 15	Celdas del Panel Solar.	19
Figura 16	Elevador de Voltaje MT3608	20
Figura 17	Ventana de Codificación en Arduino	21
Figura 18	Vinculación de Bluetooth con App Serial Bluetooth T	21
Figura 19	Bloc de Notas de trama de datos del T.L.	22
Figura 20	Estructura del Trazador Lagrangiano	23
Figura 21	Sistema de Alimentación	24
Figura 22	Esquema del balance resistivo	25
Figura 23	Esquema del balance por Diodos Zener	26
Figura 24	Esquema del convertidor para un balance de tensión activo	26
Figura 25	Simulación del Circuito de Carga del TL	29
Figura 26	Ejemplo de Circuito	30
Figura 27	Ejemplos Opam Comparador	30
Figura 28	Grafica que representa la histéresis	31
Figura 29	Interrupor Magnético	32
Figura 30	Baquelita con las perforaciones del Circuito de Carga	33
Figura 31	Diseño de Placa PCB del Circuito de Alimentación en Fritzing Fab	34
Figura 32	Circuito de Carga replicado en la Baquelita	34
Figura 33	Líneas de conducción de la PCB	35
Figura 34	PCB del circuito de Carga	35
Figura 35	Diseño de la Placa PCB de la Shield en Fritzing Fab	35
Figura 36	Shield del TL en Arduino Mega	36
Figura 37	Grafica del Circuito RC del Sistema	37
Figura 38	Esquema de las Conexiones de los sensores del TL	38
Figura 39	Esquema de Conexión de Arduino y GPS	39
Figura 40	Micro SD conexión al Arduino Mega	40
Figura 41	Sensor LM35	41
Figura 42	LM35 conexión al Arduino Mega	42
Figura 43	Micro SD conexión al Arduino Mega	42
Figura 44	Diagrama de flujo del Firmware	44

Figura 45	Firmware Compilado	47
Figura 46	Dispositivo Android	47
Figura 47	Terminal de la App	47
Figura 48	Error al inicializar la sdcard	48
Figura 49	Ingreso de la letra “a”	48
Figura 50	Ingreso de la letra “b”	49
Figura 51	Visualización de datos en la App	49
Figura 52	Veleta Superficial	50
Figura 53	Dimensiones del tubo de 4”	50
Figura 54	Tubo sellado con la tapa hembra de 4”	52
Figura 55	Pieza realizada en Impresora 3D	52
Figura 56	Tabla de polietileno	53
Figura 57	Prueba de hermeticidad del trazador	53
Figura 58	Soporte con batería adicional	54
Figura 59	Soporte del ultracapacitor	54
Figura 60	Perforaciones del soporte	55
Figura 61	Soporte con PCB de alimentación	55
Figura 62	Soporte del Arduino	56
Figura 63	Arduino fijado al soporte	56
Figura 64	Tapa Superior	56
Figura 65	Cables de conexión de Led	56
Figura 66	Pistón del interruptor magnético	57
Figura 67	Placas atornilladas en la tapa	57
Figura 68	Insertando la tapa con los soportes incorporados	58
Figura 69	Colocación de la tapa superior en el recipiente hermético	58
Figura 70	Colocación del panel solar en el trazador	58
Figura 71	Segunda Prueba de Hermeticidad	59
Figura 72	Ultracapacitor cargado	63
Figura 73	Prueba de todos los elementos	67
Figura 74	Perfil Costero de la Comuna Ayangue	68
Figura 75	Activación del Sistema electrónico	69
Figura 76	Trazador Lagrangiano y Veleta	69
Figura 77	Enganche entre el TL y la App	70
Figura 78	Ingreso de carácter “a”	70
Figura 79	Error con la Sdcard	71
Figura 80	Trama de datos reestablecida	71
Figura 81	Ingresar coordenadas	72
Figura 82	Ubicación Actual en el mapa	72
Figura 83	Trazador Lagrangiano puesto en el mar	73
Figura 84	Bobina del Convertidor DC-DC	73
Figura 85	Curva de Eficiencia	74
Figura 86	Coordenadas donde estuvo el T.L.	76
Figura 87	Trayectoria del T.L y de la Veleta Superficial	76
Figura 88	Impresora 3D PRUSA i3	86
Figura 89	Diseño en FreeCAD del soporte de interruptor magnético i3	86
Figura 90	Diseño en FreeCAD de la tapa superior del recipiente hermético	86
Figura 91	Diseño en FreeCAD del anillo de fijación del recipiente hermético	87
Figura 92	Diseño en FreeCAD del soporte del ultracapacitor	87

Figura 93	Diseño en FreeCAD de soportes del sistema electrónico del TL	87
Figura 94	Diagram 1 HC-06	89
Figura 95	Diagram 2 HC-06	89
Figura 96	Block Diagram GPS UBLOX NEO-6	90
Figura 97	SDCard Architecture	91
Figura 98	Block Diagram Catalex MicroSD	91
Figura 99	Comparison of SD Memory Card	92
Figura 100	Block Diagram MT3608	93
Figura 101	Efficiency Curve 1	93
Figura 102	Efficiency Curve 2	93
Figura 103	Line Regulation MT3608	94
Figura 104	Load Regulation MT3608	94
Figura 105	Freq VS Vin 3608	94
Figura 106	Efficiency VS Vin MT3608	94
Figura 107	Mounted Solar Panel	95
Figura 108	I-V curves for Solar Sunmodule SW 250 al 25C cell tem	95
Figura 109	Ultracapacitors Structure	97
Figura 110	Cortocircuitando el ultracapacitor	98
Figura 111	Trama de Datos en el Archivo Bloc De Notas	98

ÍNDICE DE TABLAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Tabla 1	Significados de la estructura NMEA de GPS	16
Tabla 2	Tabla Del consumo de corriente del sistema	37
Tabla 3	Especificaciones de GPS UBLOX NEO 6M	39
Tabla 4	Especificaciones de BLUETOOTH HC-06	40
Tabla 5	Especificaciones de LM35	41
Tabla 6	Especificaciones de Micro SD	43
Tabla 7	Peso total del TL	51
Tabla 8	Costos de Software del TL	60
Tabla 9	Costos de Hardware del TL	60
Tabla 10	Costo de Recipiente Hermético del TL	60
Tabla 11	Costo de la Shield del TL	61
Tabla 12	Costos de PCB de alimentación del TL	61
Tabla 13	Costos de Movilización	62
Tabla 14	Costo Total del Proyecto	62
Tabla 15	Tabla 1 de Validez de Fecha y Hora de GPS Ublox	64
Tabla 16	Tabla 2 de Validez de Fecha y Hora de GPS Ublox	65
Tabla 17	Valores de carga y descarga del ultracapacitor	75
Tabla 18	DataSheet Bluetooth HC-06	88
Tabla 19	MicroSD Pinout, SPI Mode	92
Tabla 20	Descripción de Firmware del TL	99

LISTA DE ANEXOS

N. DESCRIPCIÓN

- 1 Impresora 3D Prusa y diseños de piezas del TL en Freecad
- 2 Características y diagramas de bluetooth hc-06
- 3 Data sheet de Gps ublox neo-6
- 4 Data sheet de Catalex microsd module
4.1 Microsd Card description and pin out
- 5 Data sheet MT3608
- 6 Data sheet de solar panel 3W 6V
- 7 Data sheet k2 ultracapacitors - 2.85V/ 3400F
- 8 Bloc de notas de trama de datos almacenada
- 9 Firmware en arduino

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta propuesta tecnológica fusiona el uso de la energía renovable solar, almacenando energía en un ultracapacitor que será utilizado como la batería del trazador lagrangiano, así como también se incorpora el uso de microcontroladores que se programan en función de ciclos de recolección de datos que el trazador realice en el mar.

Los capítulos que conforman esta propuesta tecnológica se distribuyen de la siguiente manera:

En el capítulo I se abarca la descripción de los factores que motivan a realizar la propuesta planteada. En esta propuesta tecnológica se plantea un diseño más factible que apoyado en las teorías de los elementos que lo conforman tendrían un mayor tiempo de vida. Los tipos de investigaciones y pruebas de campo aplicadas permitirán que el objetivo general y los objetivos específicos se cumplan.

En el capítulo II se describen los elementos que conforman el trazador lagrangiano, las teorías contextuales, conceptuales, los diseños físicos, simulaciones, ensamblaje del trazador lagrangiano y análisis de los resultados de las pruebas de la propuesta tecnológica.

Por último se muestran las conclusiones que se dan en base a la observación durante la elaboración del trazador lagrangiano tanto de hardware como de software, las recomendaciones que puedan respaldar su factibilidad y dejar abierta la pauta para posibles mejoras que deseen realizar estudiantes en el futuro.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Un trazador lagrangiano es un instrumento de medición usado en oceanografía para medir corrientes marinas superficiales. El dispositivo flota sobre la superficie del mar y es arrastrado por las corrientes, este proceso representa un problema para los operadores que deben llevar registro de las tramas de datos recolectadas en el momento de la operación en el mar, debido a que se necesitan las coordenadas exactas de cada traza por lo que el operador tenía que realizar el seguimiento de la veleta para poder obtener los datos en tiempo real con un GPS manual. Otro problema es el riesgo de filtración de agua en el trazador lagrangiano, debido a que en diseños anteriores se requería destapar el trazador para que se retire la Sdcard que contenía los datos de las tramas de los intervalos de operación. Se pretende también que se solucione la problemática de la alimentación de un sistema electrónico, debido a que una batería común de litio tiene una duración de 5 horas aproximadamente y luego se descarga. Y para realizar el reemplazo de esas baterías también se debería destapar el trazador, por lo cual se tendría otra molestia para las recolecciones de datos en intervalos de tiempo prolongados.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se utilizará el término “trazador lagrangiano” para referirse al flotador que se va a utilizar, basado en la definición de (Fonseca, 1981) la cual describe que según el método básico para la medición de corrientes en el océano, existe el método lagrangiano que consiste en seguir la trayectoria de algún mecanismo que es inducido a moverse con el fluido y su posición en el espacio es medida sobre un intervalo de tiempo. Esto establece una curva que se denomina trayectoria la cual equivale a representar el recorrido del flotador. El presente proyecto consiste en el desarrollo de una plataforma de hardware/firmware para el

control de la alimentación de voltaje de un trazador lagrangiano, además posee un panel solar para recargar su fuente de poder con el propósito de operar un tiempo estimado de 5 años.

La energía será almacena en un ultracapacitor que tiene la ventaja de tener un tiempo de vida útil mayor que el de las baterías de polímero de litio y es más amigable con el ambiente. El trazador lagrangiano propuesto contiene en su interior un GPS para registrar su localización a lo largo del tiempo, para luego en base a las coordenadas almacenadas en una memoria SD estimar las corrientes superficiales. El proyecto requiere diseñar e implementar una PCB para fijar al ultracapacitor y a los amplificadores operaciones que gestionan la carga y descarga. El elemento central de la electrónica es una tarjeta Arduino que se encarga de administrar los recursos del derivador. Al arduino se le conectó un GPS, un grabador de tarjeta de memoria Sdcard y un puerto bluetooth para descargar los datos. Se utilizará una App Android interface con Arduino para la recolección de datos inalámbrica. La Fig.1 muestra el Diagrama de bloques del sistema propuesto del trazador lagrangiano.

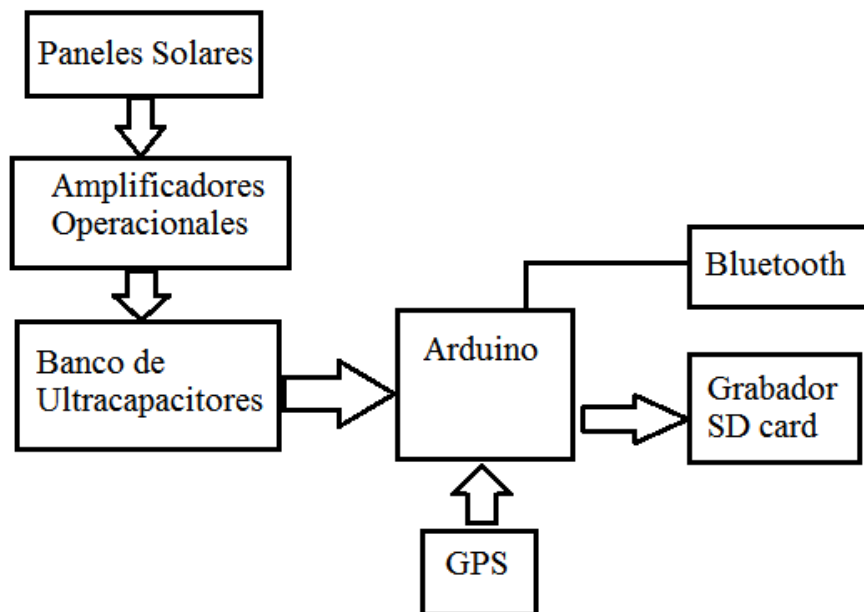


Fig.1: Diagrama de bloques del sistema propuesto del trazador lagrangiano

Fuente: Elaborado por el Autor

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una plataforma electrónica con fuente de energía renovable aplicando firmware y hardware libre que empleen paneles solares y ultracapacitores para un trazador lagrangiano.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un firmware que controle las funciones del trazador para el almacenamiento y transmisión de datos de posición geográfica del trazador.
- Implementar una fuente de poder utilizando un panel solar y un ultracapacitor para generación y almacenamiento de energía.
- Construir las PCB para interconexión y soporte mecánico de la fuente de poder, sensores, dispositivos de comunicación y almacenamiento de datos.
- Analizar los datos de las pruebas experimentales en ambiente de laboratorio y de campo para la verificación del funcionamiento del trazador.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

La propuesta pretende realizar un trazador lagrangiano que tenga comunicación inalámbrica hacia un dispositivo Android, con el fin de que se realice un monitoreo de la trama de datos recolectada por el trazador en tiempo real.

Mediante la utilización de la plataforma de código abierto Arduino se realizará un firmware que permitirá el funcionamiento de los sensores que van a ser utilizados en el diseño electrónico y que esa tramas de datos se pueda visualizar en el hipertexto en grupos de 10 por cada vez que se presione la letra “a”, y por cada

vez que se presione la letra “b” se muestren todas las tramas de datos almacenadas en la Sdcard.

Se diseñará una PCB que realice una histéresis para la carga adecuada del ultracapacitor, teniendo en cuenta que el ultracapacitor no debe descargarse totalmente, ni tampoco debe sobrepasar su límite de voltaje.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El trazador lagrangiano se usa para la recolección de datos en el ámbito de la oceanografía, con limitaciones que se pretenden eliminar a medida que se van realizando sus actualizaciones, entre las mejoras se tiene a la alimentación del sistema, el cual al ser alimentado por baterías de polímero de litio tienen un tiempo estimado de operación de 5 horas, tiempo de operación que se pretende ampliar mediante el uso de energía renovable solar aplicada al sistema electrónico del trazador, debido a que el prototipo deseado necesita trabajar de forma más autónoma para poder realizar recolección de datos en ambientes más hostiles y en el cual la intervención de la mano de obra sea solo eventual. Los dispositivos lagrangianos se caracterizan por el seguimiento de las masas de agua y corrientes oceánicas. Por lo que es necesario implementar un trazador con hermeticidad confiable, debido a que en su interior se van a instalar los dispositivos electrónicos que se encargarán de la recolección de la trama de datos y estos dispositivos no pueden tener contacto directo con el agua. También se le instalará conectividad Bluetooth para obtener las tramas de datos de las trazador lagrangiano en un dispositivo Android de forma inalámbrica, con un área de cobertura de 12 metros aproximadamente.

La amplia gama de sensores disponibles en el mercado se han convertido en una herramienta indispensable en el estudio y protección del medio marino. Además de que a partir de este principio se puede llegar a aplicar en otras funciones como el rastreo de vehículos, equipos móviles o según la necesidad del caso. De esta manera se podría reutilizar los módulos e implementarlos en nuevos objetivos y desarrollar nuevas aplicaciones tecnológicas.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

Con la propuesta del trazador lagrangiano se pretende realizar recolección de datos en la zona costera. Es decir el trazador será capaz de flotar en los mares un tiempo estimado de 5 años de forma autónoma con fuente de alimentación renovable, debido al panel solar incorporado que alimentará al ultracapacitor que proporcionará la energía que necesita el sistema para funcionar correctamente, la recolección de datos se realizará de forma inalámbrica mediante un módulo bluetooth hacia cualquier dispositivo portátil que tenga la aplicación para descargar los datos de la corriente marina, el trazador lagrangiano tendrá un sistema de alimentación renovable solar, que permitirá que el periodo de operación en el mar sea más prolongado, debido a que se elimina la necesidad de tener que cambiar baterías por otras con carga completa.

1.7 METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se va a utilizar es la investigación de laboratorio, debido a que en este proyecto se va a requerir de un espacio físico acondicionado para realizar el diseño físico, electrónico y las simulaciones del trazador lagrangiano, además del diseño de los soportes y piezas exclusivas para la carcasa del trazador, diseñadas en impresora 3D.

Se aplica el método experimental mediante técnicas de observación y análisis de datos, los que cuantitativamente se almacenan y se transmiten mediante “tramas de datos” adquiridas por un GPS y por un sensor de temperatura, con estos datos se realizó una comparación con dispositivos externos de coordenadas y temperatura para validar la información numérica de la trama adquirida. El alcance del estudio es de tipo descriptivo porque permite detallar todas las partes del sistema de alimentación, placa de sensores, firmware en código abierto utilizando Arduino, diseño de recipiente hermético, permitiendo así conocer el funcionamiento de cada elemento utilizado en el trazador lagrangiano.

CAPITULO II

LA PROPUESTA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

En la facultad de biología marina de la UPSE se diseñó un trazador lagrangiano (Fig.2) el cual constaba de un sistema electrónico programado en Matlab, pero el operador requería que se realicen mejoras en el diseño hermético y en el diseño electrónico, debido a la descarga de la batería cuando el periodo de recolección de datos era superior a 5 horas, aparte de esto se derivaban más inconvenientes porque se corrían riesgos de que se realice una manipulación incorrecta en el circuito interno del trazador, generando problemas más que todo cuando se deseaba recolectar la trama de datos del trazador lagrangiano en alta mar, debido a que se tenía que abrir la cabecera del trazador para poder extraer la sdcard que guardaba la información recolectada por el GPS y el mismo caso se daba cuando se necesitaba recargar la batería (Fig. 3).



Fig.2: Trazador Lagrangiano
Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.3: Trazador en área de operación
Fuente: Elaborado por el Autor

El trazador lagrangiano está diseñado para trabajar en el perfil costero, y el lugar de operatividad del trazador de esta propuesta será en la comuna de Ayangue. Debido a la seguridad que presta este perfil costero para que se puedan realizar las pruebas, y por la facilidad que representa trasladar los equipos y las embarcaciones al lugar. Ayangue se encuentra ubicada en la latitud:-1.983333 y longitud:-80.73333, a 44,8km y 53min vía terrestre desde el laboratorio de pruebas de la UPSE. La figura recogida por google maps, muestra la ruta hacia la comuna donde se van a hacer las pruebas (Fig.4).

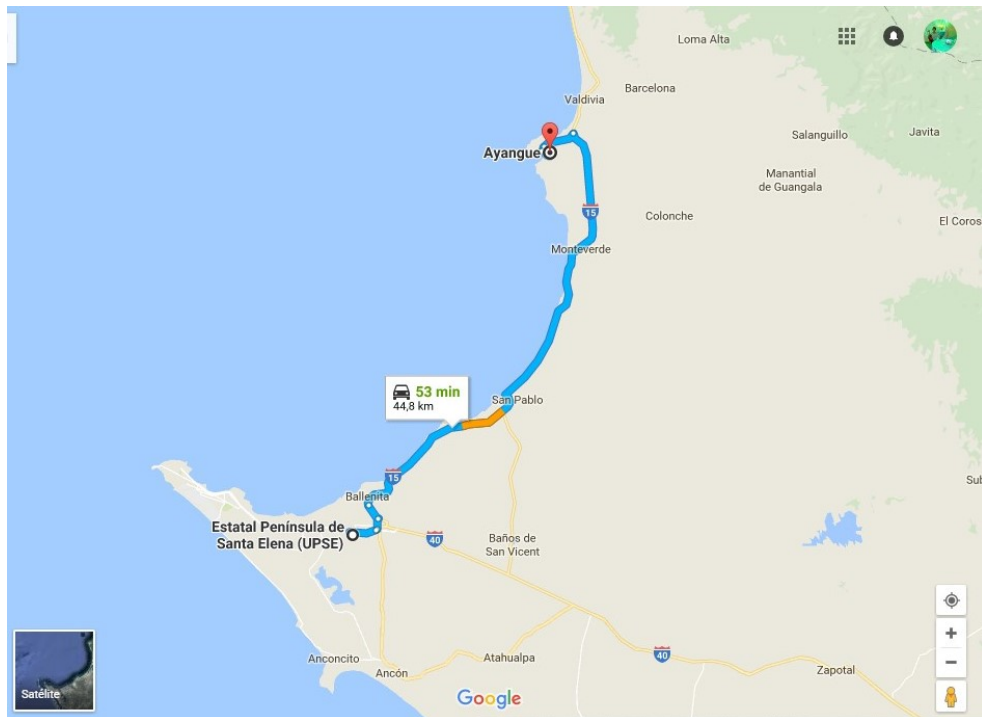


Fig.4: Ubicación de Ayangue en Google Maps.

Fuente: Google Maps

En estudios anteriores se han logrado diseñar prototipos de derivador monitoreados por radio (Fig.5) con un alcance máximo de operatividad de 7 km, autonomía de 48 horas, utilizando MATLAB como software de adquisición de datos en el cual se mostraban las gráficas y los valores de los datos almacenados, también el encendido lógico de la estación remota, para la distribución de la potencia se utilizó 3 baterías en paralelo de 6 V 7 A-h, dándole un tiempo de operación teórico de 50.7 horas ininterrumpidas. Su desarrollo de interfaces de comunicación entre los módulos del

prototipo del derivador empezaba cuando se encendía el control remoto maestro que enciende el hardware, luego se procedía al encendido lógico del circuito a través de la interfaz diseñada en MATLAB, luego se asignaban los parámetros del dato del GPS, con estos parámetros se procedía a la recolección de datos y a su envío a la estación tierra, en el cual eran recibidos por un transceiver que lo enviaba a su terminal para que se almacenaran en texto plano y se procesen en Matlab. (A. & Chacón D., 2009).



Fig.5: Derivador basado en GPS, monitoreado por Radio
Fuente: (A. & Chacón D., 2009)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

SISTEMAS DE CORRIENTES LAGRANGIANOS

El método lagrangiano permite estudiar el comportamiento de la partícula de fluido en su movimiento a través del espacio, mediante el trazado de una ruta seguida por la corriente del agua, durante un periodo de tiempo determinado, esto marca una trayectoria que se asimila a una curva, y se deduce que la trayectoria de una partícula del fluido se define por su posición como una función del tiempo. En la Fig.6 se observa la trayectoria de veletas superficiales y profundas durante un periodo de tiempo determinado, las cuales inician su trayectoria con dirección Norte-Noreste, alejándose de la costa para luego cambiar su rumbo hacia el Este, la gráfica de este análisis de mediciones corresponde al estudio de la circulación costera frente al puerto de La Libertad publicado en 1992. (INOCAR, 1992).

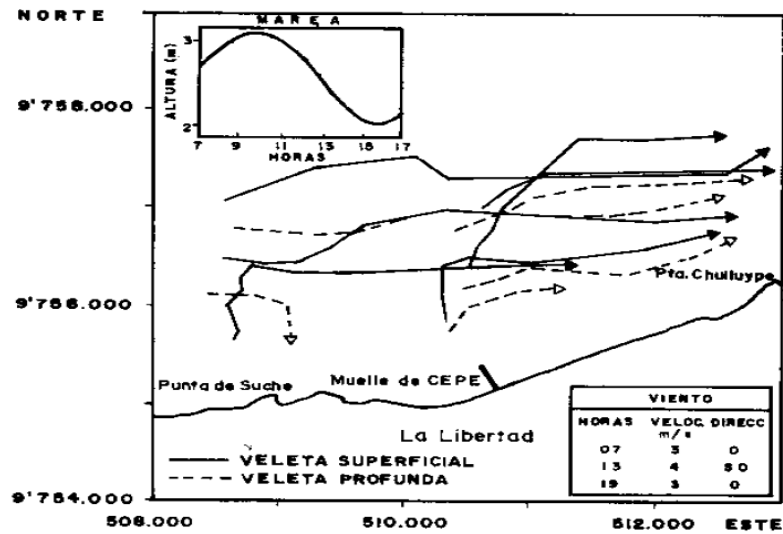


Fig.6: Ejemplo de estudio de corrientes por método Lagrangiano
Fuente: (INOCAR, 1992)

En base a la utilización de las veletas superficiales y tomando como referencia su diseño físico, se desarrolló el trazador lagrangiano y en la descripción de la Fig.7 se muestran las partes que lo conforman.

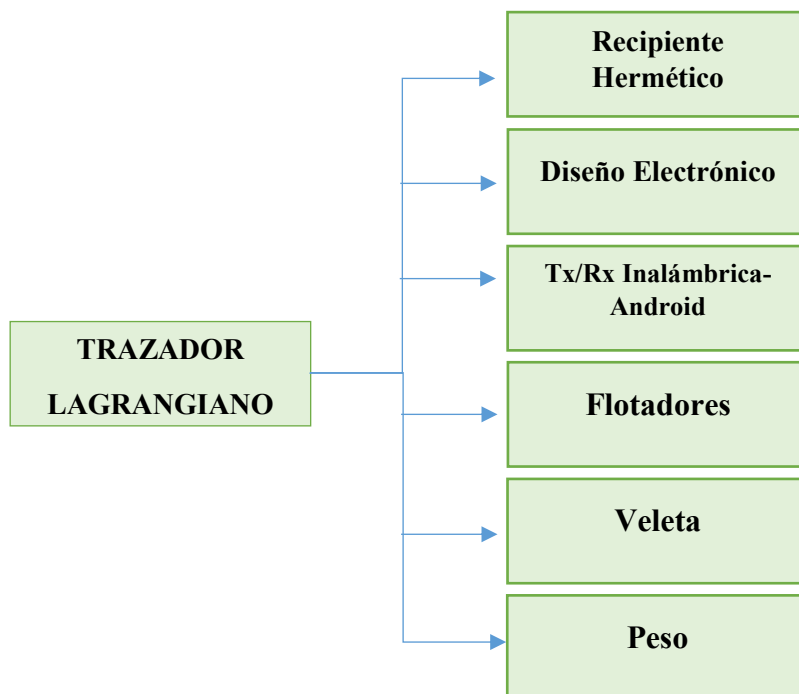


Fig.7: Estructura del Hardware del Trazador Lagrangiano
Fuente: Elaborado por el Autor

En el recipiente hermético, se diseñó de acuerdo a las dimensiones obtenidas por las fórmulas para que el recipiente se mantuviera con una flotabilidad adecuada para mediciones superficiales. Se utilizaron las ecuaciones de volumen sumergido (1) y de flotabilidad (2) (Aldo, 2014).

Ecuación de Volumen sumergido $V_s = A_b \cdot h = \pi r^2 h$ (1)

V_s = Volumen sumergido
 A_b = Área de la base del cilindro
 h = Altura del cilindro
 r = Radio del cilindro

Ecuación de flotabilidad $F = P \cdot V_s$ (2)

F = Flotabilidad
 P = Densidad del agua de mar
Constante P = $1000 \frac{kg}{m^3}$

En lo que respecta a la densidad del agua su constante se estableció en unos 1000 kg/m³, mientras que la densidad del agua de mar fue de aproximadamente 1027 kg/m³ debido a la salinidad y otros organismos que se encontraron en ella. (Aldo, 2014). En el diseño electrónico se colocó el ultracapacitor, el cual debido a su alta densidad de energía puede llegar a ser una alternativa a las baterías en algunas aplicaciones. Un ultracapacitor es un condensador electroquímico que presenta una alta densidad de energía en comparaciones a los condensadores convencionales. Pueden ser pensados como un circuito RC, de esta manera el ciclo de carga y descarga de un ultracapacitor es similar al de un condensador común, así la carga a tensión constante responde a la función de la ecuación (3) donde $t_0 = RESR \cdot C$, donde C es la constante del condensador. (Riazor, 2009)

Función de Carga a tensión constante $U(t) = U_0(1 - e^{-t/t_0})$ (3)

La energía que almacena un ultracapacitor es igual que en los condensadores convencionales, según la expresión $E = 1/2 Q \cdot U$. De la misma forma, la relación corriente tensión sigue la expresión de la relación corriente- tensión (4) o su forma diferencial de corriente-tensión (5) (Riazor, 2009)

Relación Corriente-Tensión $U(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int i(t) dt$ (4)

Diferencial Corriente-Tensión

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \frac{du(t)}{dt} \quad (5)$$

Hay que tener en cuenta que, a diferencia de los condensadores típicos, la constante de tiempo $R \cdot C$ puede llegar a ser demasiado lenta (debido al elevado valor de C).

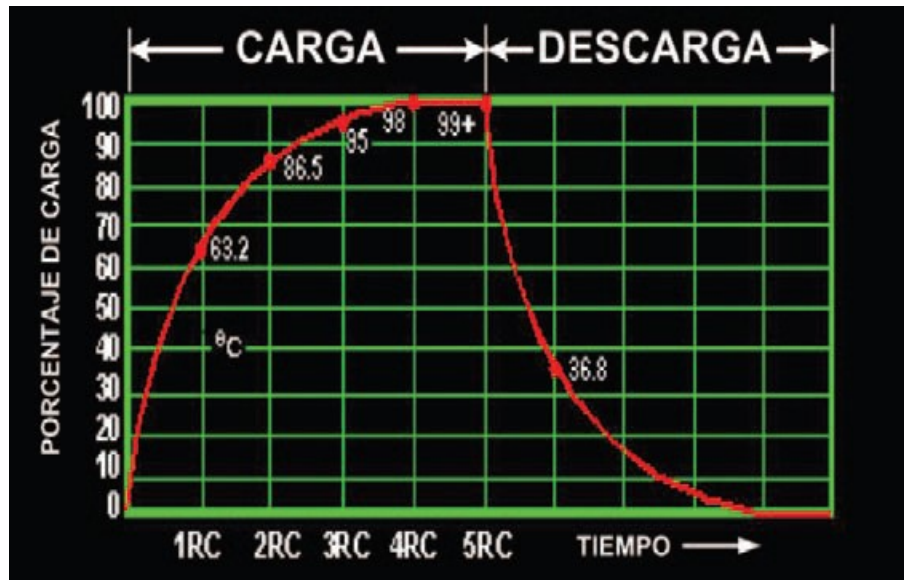


Fig.8: Carga y Descarga de un ultracapacitor

Fuente: (Riazor, 2009)

Respecto a la eficiencia, los ultracondensadores alcanzan rendimientos de carga/descarga (Fig.8) de hasta el 95%, mientras que las baterías en el mejor de los casos, alcanzan rendimientos del 70%. Esto supone además del incremento de la eficiencia energética, un menor calentamiento de los componentes que influye en mayor seguridad para los equipos (Riazor, 2009). Durante su vida útil un ultracapacitor puede llegar a realizar hasta 10^6 ciclos de carga/descarga, a diferencia de las baterías que apenas alcanzan los 1.000 ciclos.

Los ultracondensadores pueden cargarse en tiempos muy rápidos y a cualquier tensión (mientras no superen la tensión máxima), y pueden guardarse cargados total o parcialmente o incluso descargados, sin llegar a deteriorarse. Los ultracondensadores pueden trabajar entre -40°C y 70°C , mientras que las baterías fallan a temperaturas inferiores a -10°C . (Riazor, 2009).

2.3 MARCO TEÓRICO

En el 2010 en la ciudad de Latacunga en la Escuela Politécnica del Ejército se realizó el “ESTUDIO, DIMENSIONAMIENTO Y APLICACIONES PARA EL USO DE ULTRACAPACITORES EN EL ARRANQUE DE UN MOTOR ASINCRONO DE 2 HP, COMO RESPALDO AL BANCO DE BATERÍAS DEL PROTOTIPO DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO REALIZADO POR EL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE”, el principal objetivo de este proyecto fue apoyar a las baterías durante las aceleraciones y frenado del vehículo , su sistema de control predecía la necesidad de energía antes de aceleraciones y dejar espacio para el almacenamiento de energía antes de cada frenada, para esto monitoreaban la velocidad del vehículo, la corriente de carga y el estado de carga de los ultracapacitores. (Tenorio César, 2010).

En el 2014 en la ciudad de Quito se realizó el ANÁLISIS, MODELAMIENTO Y GESTIÓN DE UNA MICRO RED ELÉCTRICA PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES USANDO PANELES FOTOVOLTAICOS, se aborda un estudio y análisis que permitirá montar una red eléctrica en sus edificaciones para una posible reducción en la red de distribución en las horas picos, se realizó un modelamiento de la energía producida y el consumo por etapas diarias, a la semana, al mes, y anualmente , en el programa Matlab mediante el entorno Simulink, utilizando datos como la potencia que genera el panel fotovoltaico con datos reales temperatura y niveles de radiación. (Carlos, 2014).

En el 2009 en la ciudad de Guayaquil se realizó el “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE DERIVADOR BASADO EN GPS MONITOREADO POR RADIO PARA APLICACIONES EN OCEANOGRAFIA (DMR V0.1)”, que consistió en el desarrollo de un derivador lagrangiano autónomo monitoreado por radio que optimice la adquisición de datos de corrientes superficiales de forma inalámbrica, utilizando microcontroladores PIC16F876A y PIC16784 de Microchip, y como software de adquisición de datos MATLAB en el cual se van a mostrar las gráficas de los archivos planos captados por el derivador, el desarrollo

de este proyecto concluyó que se podría llegar a un estudio más exacto al momento de realizar el análisis de los datos para la medición de corrientes marinas, y realizó la sugerencia de mejorar el sistema de carga del derivador. (A. & Chacón D., 2009).

Para utilizar el término “trazador lagrangiano” en el derivador que se utiliza en este proyecto, se recurrió a la expresión general de la ley del movimiento de los sistemas mecánicos que viene dada por el principio de mínima acción (Lifshitz, 1982), este principio se caracteriza por una función que determina la velocidad, la posición y el tiempo a lo que se denomina función de LaGrange. Cabe recalcar que el término “lagrangiano” en este proyecto se fundamenta en base a este principio físico, y el término “trazador” se fundamenta porque se van a obtener puntos del registro de una ruta (trazas) capturadas por un GPS. Esta propuesta tecnológica trata sobre el diseño de hardware y firmware de un trazador lagrangiano, para la medición de corrientes en una zona costera determinada, el cual se va a construir con materiales de bajo costo y módulos electrónicos accesibles. Esta propuesta servirá para el uso de los estudiantes de la Facultad de Biología Marina los cuales utilizarán los datos de las corrientes marinas para diferentes estudios.

2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

A continuación se detalla la descripción de los componentes que conformaron el trazador lagrangiano, mencionando las características que tiene cada uno de ellos y dando una idea más clara de la selección de los materiales para esta propuesta tecnológica.

2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS

SUPERCAPACITOR MAXWELL K2

Son de diseño cilíndrico (Fig.9) con capacidad de almacenamiento electrostático que es capaz de completar ciclos de un millón de cargas y descargas sin que su rendimiento se vea afectado. Este supercapacitor ofrece 2,7 V con resistencia

interna muy baja y del más alto rendimiento de potencia. Estos supercapacitores son muy útiles en proyectos ó aplicaciones que requieren un pulso de energía que una batería no abastecería de forma eficiente. Entre las principales características tenemos el tiempo de vida útil estimado para 5 años, ofrecen mayor energía y potencia que una batería común, trabajan a una temperatura entre -40 a 64 grados centígrados, son capaces de almacenar hasta 4,00 Wh. Entre las aplicaciones más comunes para el uso de supercapacitores están la del uso en ambientes de alto impacto y vibración, en los vehículos híbridos, equipos industriales pesados, sistemas de telecomunicaciones y UPS. (Maxwell, 2003).



Fig.9: Supercapacitor Maxwell 2.85V
Fuente: Elaborado por el Autor

TARJETA ARDUINO MEGA 2560

Esta tarjeta (Fig.10) se la conecta a la computadora por medio de un cable usb para comenzar a utilizarla, se necesitan de 5V para poder alimentarla, también se la puede utilizar inalámbricamente conectándola a una batería, tiene a disposición 54 entradas/salidas, de las cuales para la modulación de ancho de pulso (PWM) se utilizan 14, tiene 4 puertos seriales (UARTs), un oscilador de 16 Mhz, 16 entradas analógicas, tiene un botón reset y un conector ICSP. Tiene una memoria de programa de 256Kb (el bootloader ocupa 8Kb), memoria SRAM para los datos y las variables que el programa quiera utilizar, posee una memoria EEPROM para datos, la velocidad de reloj puede trabajar a 16MHz. El arduino mega tiene cuatro puertos de comunicación vía serie UART TTI (5V), también soporta la comunicación I2C (TWI) y SPI, tiene un botón de reinicio automático por software, posee una protección contra sobrecorrientes en usb, la tarjeta tiene un fusible que

le da protección a la conexión usb del ordenador de sobretensiones y cortocircuitos. (U.F.M.R, 2011).

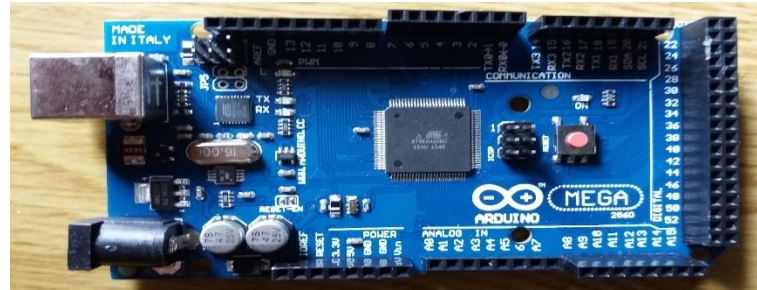


Fig. 10: Arduino Mega 2560 R3

Fuente: Elaborado por el Autor

MODULO BLUETOOTH HC-06

Este módulo bluetooth (Fig.11) se lo utiliza en reemplazo de las conexiones cableadas en serie para establecer la conexión entre el módulo de puerto serial inalámbrico y el GPS, la comunicación se establece de forma automática cuando se enciende. Entre las características de este módulo tenemos que trabaja a una frecuencia de banda de 2,4 GHz, trabaja a un voltaje de entre 2,7V-4,2V, tiene una sensibilidad de recepción de -85dBm, protocolo Bluetooth v2.0, tiene un alcance de hasta 15 metros aproximadamente y trabaja en un rango de temperatura de -40 a 105 grados centígrados. (HC, 2011). Tiene 4 pines entre los cuales están el pin negativo que se conecta a Gnd, Vcc, Tx, Rx, para la comunicación serial.



Fig.11: Módulo Bluetooth parte frontal

Fuente: Elaborado por el Autor

GPS UBLOX NEO 6M

Es un módulo de característica NEO (miniatura), que aporta al alto rendimiento del motor de posición UBLOX6 (Fig.12) de 50 canales con un time-to-first-fix de menos de 1 segundo, es capaz de realizar búsquedas en espacio paralelo en tiempo/frecuencia, lo que le permite encontrar satélites al instante, estos receptores combinan alto nivel de capacidad de integración con conectividad flexible. Este módulo GPS para arduino trae incluido una antena cerámica, no necesita más accesorios para comenzar a operar, Se alimenta de 5 V con una salida de señal de 3,3 V. Tiene un rendimiento que depende de la velocidad de conexión de datos y latencia, trabaja con todos los satélites que se encuentran a -130 dBm, las duraciones de las interrupciones son de 10seg. En un periodo de 24 horas, los primeros 600 segundos de datos son descartados, el factor en la determinación de la exactitud relativa de una posición horizontal (HDOP) es menor a 1,5 durante la medición de periodo de señales fuertes. En lo que respecta a los datos que recibe el GPS, vienen en simbología definida por el protocolo National Marine Electronics Association (NMEA) debido a que son sentencias estándar para la recepción de datos de los GPS, su sentencia más utilizada es la sentencia \$GPRMC que se conforma de la siguiente estructura. (NEO-6, 2010).

\$GPRMC,051703.000,A,8014.0476 ,N,500853.2273 ,W,0.28,54.26,060616,,,A*44

051703.000	Representa la hora GMT (05:17:03)
“A”	Indica que el dato de posición está fijado y es válido.
8014.0476	Representa la longitud 80 ° 14.0476´
N	Representa el Norte
00853.2273	Representa la latitud 8 ° 53.2273´
W	Representa el Oeste
0.28	Representa la velocidad en nudos
54.26	Representa la orientación en grados
060516	Representa la fecha (6 de Mayo del 2016)

Tabla.1: Significados de la estructura NMEA de GPS

Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.12: Gps Ublox Neo 6M pines de conexión

Fuente: Elaborado por el Autor

MÓDULO DE TARJETA SD MICRO SD CATALEX

La tarjeta microSD (Fig.13) funciona con 3.3V de tal manera que no se debe conectar directamente a los circuitos que utilizan la lógica de 5V, por lo que las tensiones superiores a 3,6 V pueden dañar la tarjeta SD de forma permanente. Es por eso que tiene un 74LVC125A en el PCB. El 74125 es un circuito 3 de estado cuádruple. Se puede traducir las señales lógicas de 3,3 V de la tarjeta desde y hacia nuestro 5V Arduino si proporcionamos 3,3 - 3,6 V como tensión de alimentación para el buffer, esto se llama la lógica de desplazamiento de nivel . Tres de los pasadores, MOSI, SCK y CS llevan señales desde el Arduino a la tarjeta y el MISO lleva las señales de la tarjeta a Arduino. Por lo tanto uno de la memoria intermedia está conectado en orden inverso.

También lleva incorporado cuatro amortiguadores que tienen 3.3K resistencias en serie para su protección. El **MISO** (Línea que se utiliza para llevar los bits que provienen del esclavo hacia el maestro), el **MOSI** (Línea que se utiliza para llevar los bits que provienen del maestro hacia el esclavo), el **SCK** (Línea que proviene del maestro y que se encarga de enviar señal de reloj para la sincronización de dispositivos) están conectados a los respectivos pasadores del microcontrolador. El **CS** (Chip Selec) está conectado a la Slave Select (SS, Línea que habilita un esclavo) del microcontrolador. De hecho, se puede utilizar cualquier pines digitales para conectar al módulo y explosión de bits utilizando el protocolo SPI cualquier biblioteca. Las conexiones para los pines en arduino Mega son las

siguientes: VCC del módulo a 5V, GND del módulo de Arduino a GND, CS al pin digital 53, MOSI al pin digital 51, MISO al pin digital 50, SCK al pin digital 52. (Davis, 1998).

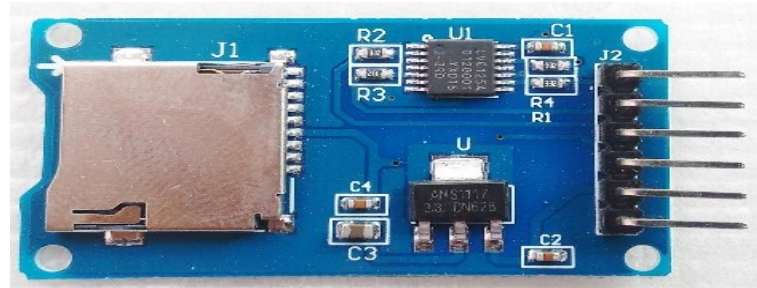


Fig.13: MicroSd Catalex, parte frontal
Fuente: Elaborado por el Autor

MICROSD TARJETA DE PINES

Hay 8 patillas de la tarjeta microSD (Fig.14) que se debe evitar tocar, ya que se puede dañar la tarjeta, a pesar de que está protegido contra ESD (Supresores de descargas electrostáticas). Hay dos maneras en que una microSD se puede acoplar a un microcontrolador: el modo SPI (Estándar de comunicaciones usado en la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos) y el modo SD. Las asignaciones de patillas para estos modos son diferentes. El modo SD es el más rápido y se utiliza en los teléfonos móviles, cámaras digitales, etc. El Serial Peripheral Interface (SPI) modo es lento, pero requiere menos sobrecarga en comparación con el modo SD y es compatible con cualquier microcontrolador con una función de SPI. Los pines son conectados de la siguiente manera: el pin 1, 8 no son utilizados, el pin 2 al CS, el pin 3 al MOSI, el pin 4 al VCC, el pin 5 a SCK, el pin 6 a GND y el pin 7 a MISO. (Davis, 1998).



Fig.14: MicroSd Tarjeta de Pines
Fuente: Elaborado por el Autor

Estos dispositivos corresponden a la parte sensorial del trazador lagrangiano, los cuales son los encargados de transmitir la trama de datos hacia el hiperterminal y almacenarla la información recolectada. Para la incorporación de estos dispositivos se va a diseñar una Shield que va a ser insertada en la tarjeta de Programación Arduino Mega.

PANEL SOLAR

El panel solar (Fig.15) transforma la energía solar a energía eléctrica de forma muy eficiente, su superficie monocristalina es resistente para trabajar en ambientes al aire libre. El voltaje típico que aporta el panel es de 6V, esto varía de acuerdo a su consumo, en los días soleados su pico de tensión CC puede llegar hasta los 10V, por lo que para evitar que las tarjetas tengan variaciones de voltaje en su entrada, se va a utilizar un convertidor DC-DC elevador de voltaje. (Manuel, 2014).

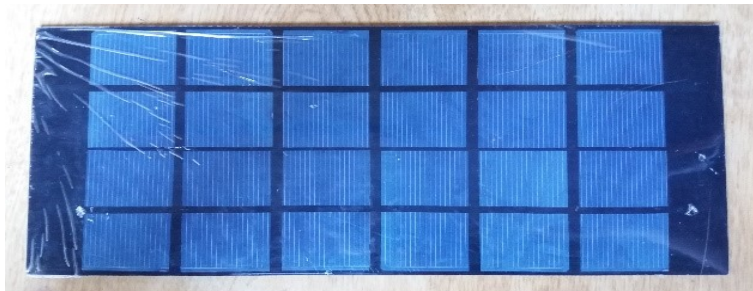


Fig.15: Celdas del Panel Solar.
Fuente: Elaborado por el Autor

ELEVADOR DE VOLTAJE DC – DC MT308

Módulo Step Up Boost Elevador de Voltaje DC-DC MT3608 (Fig.16) Max 28V 2A. Para aumentar el voltaje hasta 28 Voltios y a un máximo de 2 Amperes. Entre sus características tenemos un rango de voltaje de entrada de 2v - 24v, un voltaje máximo de salida de 28v, una corriente máxima de salida de 2 Amperes, una eficiencia del 93% aproximadamente, sus dimensiones son de 36 mm x 17 mm x 14 mm y un potenciómetro para ajustar el voltaje de salida. Por motivos de precaución

el voltaje de entrada y la corriente de salida nunca deben de exceder el máximo permitido. Este módulo va a ser utilizado para aumentar el voltaje del supercapacitor que es de 2,85 V a un voltaje de salida entre 2V – 7V de tal manera que la tarjeta Arduino Mega y sus módulos conectados tengan alimentación suficiente para funcionar. (AEROSEMI, 2012).

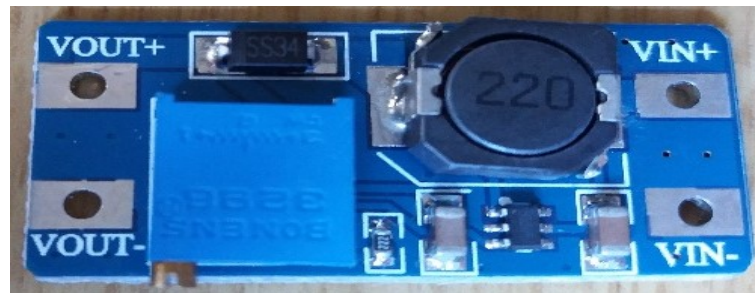


Fig.16: Elevador de Voltaje MT3608.
Fuente: Elaborado por el Autor

2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS

ARDUINO IDE

El Arduino Integrated DEvelopment Environment (IDE) (Fig.17) es una plataforma programable de código abierto de software y hardware de fácil uso, sus placas tienen incorporado un microcontrolador (ATMEGA8/ ATMGGA168 de atmel) que se lo programa mediante el Arduino Programming Language. Los programas escritos en el software de Arduino se denominan bocetos, los mismo que son escritos en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo .ino. El software de Arduino es compatible con el sistema operativo de Windows por lo que se puede realizar la ejecución de sus programas sin inconvenientes. Su software está publicado como herramienta de código abierto, por lo cual ofrece la disponibilidad de realizar los códigos que se propongan los usuarios, El software incluye una pantalla de puerto serie visible en el ordenador al que esté conectado la placa, e inicia el intercambio de datos con cualquier tarjeta conectada en el puerto que se seleccione para que permita enviar y recibir información de la tarjeta arduino. El

área de mensajes tiene la característica de retroalimentar al guardar o exportar el firmware y también para mostrar errores que se generen en el código. (Evans, 2007).

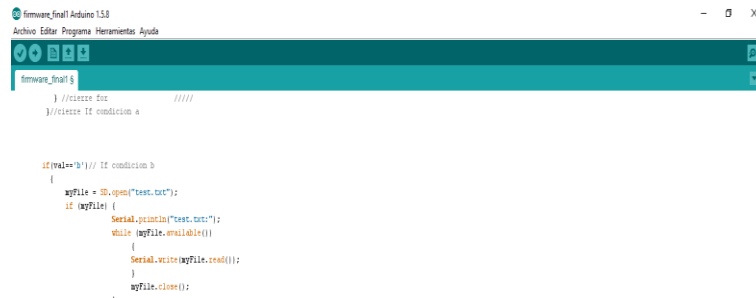


Fig.17: Ventana de Codificación en Arduino.

Fuente: Elaborado por el Autor

APLICACIÓN PARA ANDROID “SERIAL BLUETOOTH TERMINAL”

El terminal bluetooth de serie (Fig.18) es una aplicación de terminal para los microcontroladores de arduino, u otros dispositivos con la interfaz serial/UART conectado con un bluetooth al convertidor de serie a un dispositivo Android. Esta aplicación es compatible con diferentes dispositivos Bluetooth: Bluetooth Clásico, HC-05, HC-06 y sus versiones más avanzadas, Bluetooth LE, Bluetooth del GATT, BBC micro, HM-10, CC41-A. Se escogió esta app debido a las características de su hipertextual, que se muestra en modo pantalla completa en el dispositivo Android y de esta forma brinda una mejor lectura de trama de datos al operador. Esta aplicación se la encuentra de forma gratuita en el repositorio play store de Google (Kay, 2017).

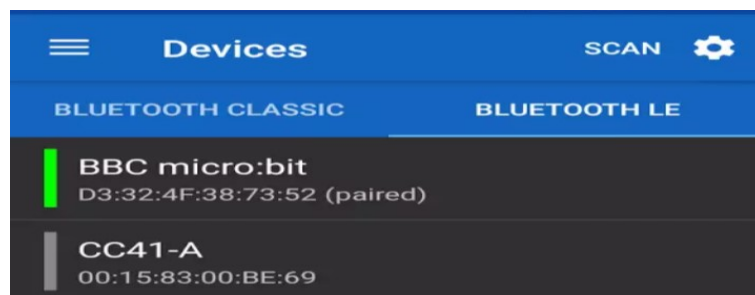


Fig.18: Vinculación de Bluetooth con App Serial Bluetooth T.

Fuente: Elaborado por el Autor

que servirá para la comunicación inalámbrica. El firmware que se encarga de la codificación de todo el proceso de recolección, transmisión y almacenamiento de la trama de datos. Por último el diseño electrónico que abarca todos los dispositivos electrónicos que van a ser utilizados.

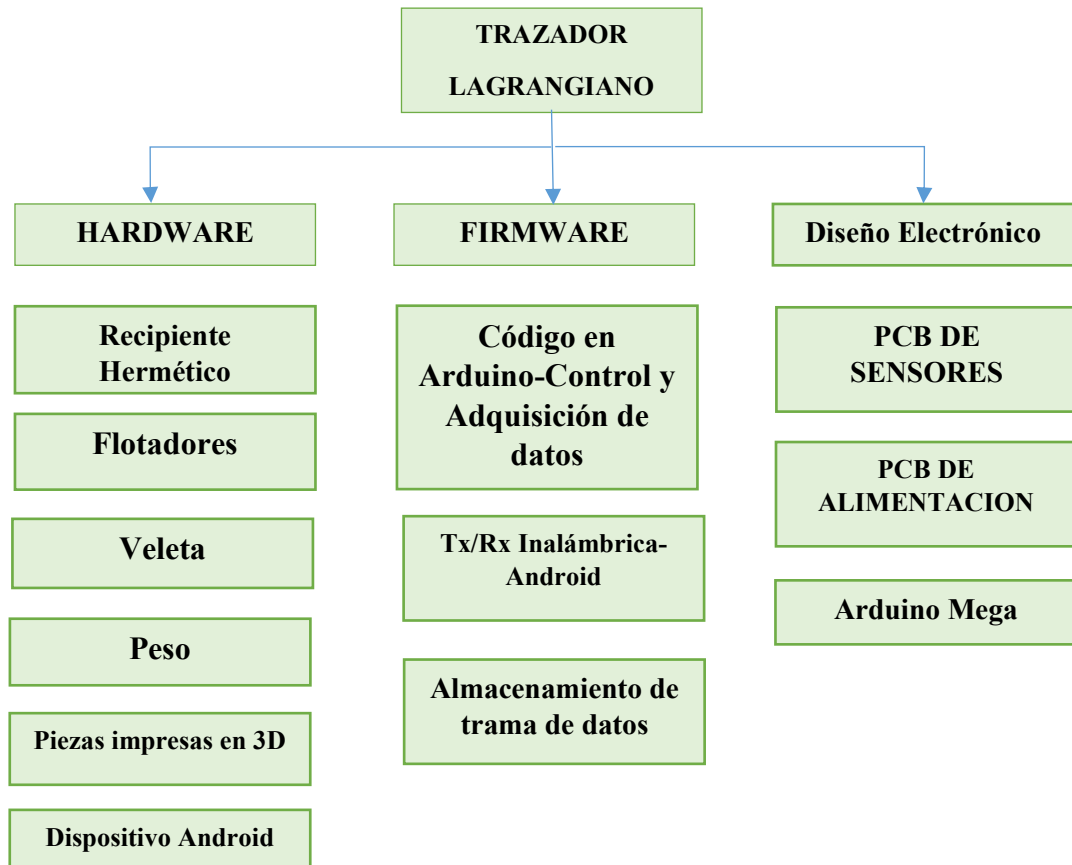


Fig.20: Estructura del Trazador Lagrangiano
Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.1 DISEÑO ELECTRÓNICO DEL TRAZADOR LAGRANGIANO

El diseño electrónico va a estar alimentado por un ultracapacitor que va a reemplazar a las baterías, que en la actualidad son de uso frecuente en dispositivos electrónicos, los ultracapacitores tienen características diferentes a las de las baterías, una de las ventajas es su tiempo de vida prolongado mayor a 2 años por ejemplo: un dispositivo electrónico que está operando en el mar necesita de baterías, se propone en este diseño utilizar ultracapacitores porque el

mantenimiento para estos dispositivos son mínimos y otras ventajas más que se mencionanadas anteriormente. Entre otras características del dispositivo se pueden resaltar los ciclos de carga, debido a que los ultracapacitores tienen más rendimiento, ya que su tiempo estimado de vida es de 5 años aproximadamente. Otro factor destacable son los periodos de carga, los ultracapacitores tienen un tiempo de carga más rápido que el de una batería. En lo que respecta a la densidad de energía, los ultracapacitores almacenan entre una quinta y décima parte de lo que almacenaría una batería, esta es una característica que cada vez va mejorando con el desarrollo de los ultracapacitores.

2.5.1.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL TRAZADOR LAGRANGIANO

El sistema de alimentación (Fig.21) está conformado por un panel solar de 6V que será el encargado de recibir la energía solar y convertirla a energía eléctrica para luego enviarla a la placa de transistores, los cuales se encargarán de realizar un bucle para mantener en óptimas condiciones al ultracapacitor.

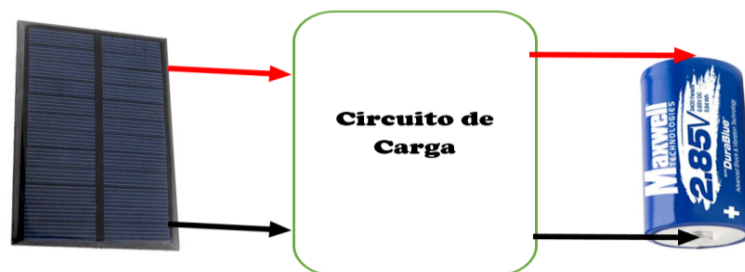


Fig.21: Sistema de Alimentación.

Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.1.2 DETALLES DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL ULTRACAPACITOR

En este proyecto se va a utilizar un ultracapacitor de 2,87 V que realizará la función de alimentar al sistema electrónico del trazador lagrangiano. Para proyectos que se necesitan mayor cantidad de voltaje en donde se piensa utilizar capacitores como

fuente de energía se utiliza capacitores en serie, por lo tanto si se relaciona este tipo de esquema para un ultracapacitor se debe considerar que los ultracapacitores son de 2,87V. El detalle de esta configuración es que cuando se realiza la carga del banco, la distribución de carga no es uniforme. Ejemplo Consideremos un sistema de 10 de ultracapacitores que deben ser cargados a 50V. Si la capacidad fuese la misma en todas los ultracapacitores todos deberán estar cargados a 5V. Pero debido a que por defectos de fabricación suelen tener cambios en la capacitancia y en la resistencia interna, provoca que las celdas con mayor capacidad se carguen a voltajes más pequeños que las de menor capacidad, y esto puede provocar incluso que algunas celdas sobrepasen el límite de tensión máxima reduciendo así su ciclo de vida. Para poder evitar esto, se utilizan circuitos que realicen balance de tensión pasivos o activos, por las razones mencionadas anteriormente se optó por escoger un solo ultracapacitor, debido a los inconvenientes que se generan al utilizar un banco de 2 o más capacitores en serie.

El balance pasivo (Fig.22) consiste en la colocación de resistencias en paralelo en cada una de las celdas del ultracapacitor, cuando se realiza el proceso de carga en el banco, la cantidad de corriente que absorbe en cada una de las resistencias es proporcional a la tensión de la celda, y la corriente no pasará al siguiente ultracapacitor mientras más cargada este la celda. (Khibit, 2012).

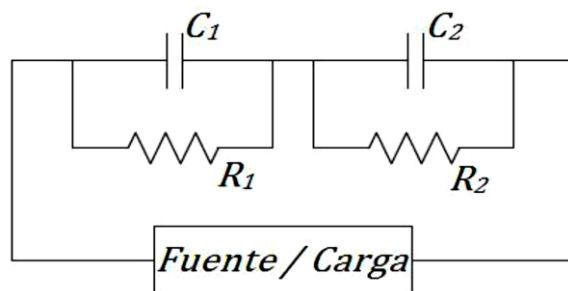


Fig.22: Esquema del balance pasivo

Fuente: (Khibit, 2012)

También se utiliza el balance con la aplicación de diodos Zener (Fig.23), en este sistema se colocan diodos Zener en paralelo, estos funcionan como limitador de

celda lo que permite el paso de corriente al siguiente ultracapacitor una vez que la celda a alcanzado su voltaje máximo. (Khibit, 2012).

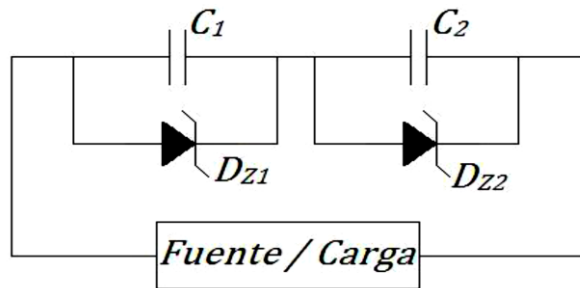


Fig.23: Esquema del balance por Diodos Zener

Fuente: (Khibit, 2012)

En el balance activo (Fig. 24) se utiliza un convertidor que distribuye la corriente a las celdas según como se vayan cargando cada una de ellas. Como no se produce disipación de corriente en este proceso, el rendimiento es muy eficaz, y su proceso de carga y descarga se produce con mayor rapidez. También se utilizan circuitos integrados especializados para realizar un balanceo activo. (Khibit, 2012).

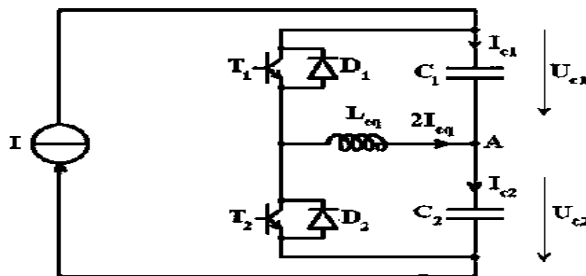


Fig.24: Esquema del convertidor para un balance de tensión activo

Fuente: (Khibit, 2012)

A pesar de estas medidas no hay una garantía de que los capacitores comunes no se van a degradar debido a problemas de balanceo. Teniendo en cuenta que el dispositivo a futuro va a operar en el mar no se puede correr el riesgo de un daño catastrófico en uno de los ultracapacitores dado que no es posible dar mantenimiento correctivo al dispositivo una vez que se encuentre en alta mar, por los altos costos operativos de una embarcación

Para proteger al capacitor fue necesario implementar un sistema de carga, de tal forma que cuando el panel solar haya cargado los 2,8V del capacitor, el sistema de carga lo deshabilite cortando el paso de corriente hacia el capacitor, de esta manera se evitaría la sobrecarga que podría causarle daños irreparables.

El sistema de carga trabaja con una histéresis con condiciones de voltaje máximo y mínimo que puede soportar el sistema, para hacer que el Arduino Mega funcione con todos los dispositivos sin tener que sufrir caídas de voltaje o sobrecargas, estos voltajes deben oscilar entre 1.8 V – 2.85 V, de forma que si el voltaje de entrada es menor a 1.8V el sistema del trazador se apagará, si el voltaje es de 2.3 o mayor el sistema del trazador se encenderá. Estos valores de voltaje variable pasarán a través de dos resistencias que trabajan con el divisor de voltaje de Thevenin. Dado que el arduino trabaja con 7,5 V y que el voltaje del ultracapacitor es solamente de 2,8V conectamos a la salida del ultracapacitor un convertidor DC-DC elevador de voltaje

El circuito es alimentado por un panel solar que se comporta como una fuente de corriente. El diodo D1 evita que la carga del ultracapacitor se fugue hacia el panel solar durante horas de la noche. Se debe procurar que este diodo tenga una caída de voltaje lo más pequeña posible para obtener una mayor eficiencia de energía. La función del relé L1 que tiene dos posiciones (normalmente conectadas, normalmente abiertas) es desconectar al capacitor cuando esté completamente cargado.

Si se utiliza un transistor se va a tener una caída de voltaje y de corriente lo cual afecta la eficiencia del sistema. Inicialmente el circuito utilizó un transistor de efecto de campo para realizar la función del relé L1 y se encontró que el tiempo de carga del ultracapacitor aumento en un 20%. Dado que el relé se lo pude considerar como un trozo de alambre en un circuito no tenemos perdida de voltaje ni de corriente entre el ultracapacitor y el diodo D1.

Cuando se energiza el relé el ultracapacitor se desconecta del diodo D1, la energía que consume la bobina del relé L1 contribuye para que el ultracapacitor para que

no exceda su voltaje nominal de 2,87V. Un circuito comparador de voltaje basado en el Opam LM339 se encarga de controlar el encendido y apagado del relé L1. El transistor Q1 se encarga de energizar la bobina del relé L1. El transistor Q1 es manejado directamente por el amplificador operacional U1 sección A, y la resistencia R4 limita la corriente de base del transistor para evitar sobrepasar la corriente que puede entregar el Opam U1.

Se debe tener presente que la fuente de poder para este circuito comparador tiene un voltaje variable. Por lo tanto se necesita una referencia de voltaje fija para poder realizar la comparación entre el voltaje presente del ultracapacitor y la referencia de voltaje.

Como referencia de voltaje se utilizó un diodo de uso general que tiene una caída de voltaje entre 0,65 y 0,70 independientemente del voltaje de la fuente de poder. El amplificador operacional U1 y sus periféricos se alimentan por medio del convertidor DC- DC.

El convertidor DC-DC está conectado directamente al ultracapacitor. No se utilizó un transistor para desconectar al convertidor DC-DC para evitar pérdida de voltaje y corriente que afecte el rendimiento del sistema. La corriente de consumo del convertidor DC-DC sin la carga conectada, la tarjeta arduino y sus periféricos, está entre 2mA y 3 mA, por lo cual el ultracapacitor puede cargarse con el panel solar sin que esto implique una pérdida significativa del rendimiento.

Inicialmente se colocó un transistor para controlar el encendido y el apagado del convertidor DC-DC, pero se constató una ligera disipación de calor por parte de este elemento conmutador causando que el ultracapacitor se descargue más rápido, cuando el arduino y sus periféricos estaban conectados al convertidor DC-DC. Como referencia de voltaje en el circuito se utilizó el diodo D2 1N401 conectandolo en serie con la resistencia R3 para limitar el paso de la corriente, el voltaje de referencia tiene un valor promedio de 0,67 V.

A continuación se muestra el diagrama esquemático del circuito que controla el proceso de carga y descarga del ultracapacitor (Fig. 25).

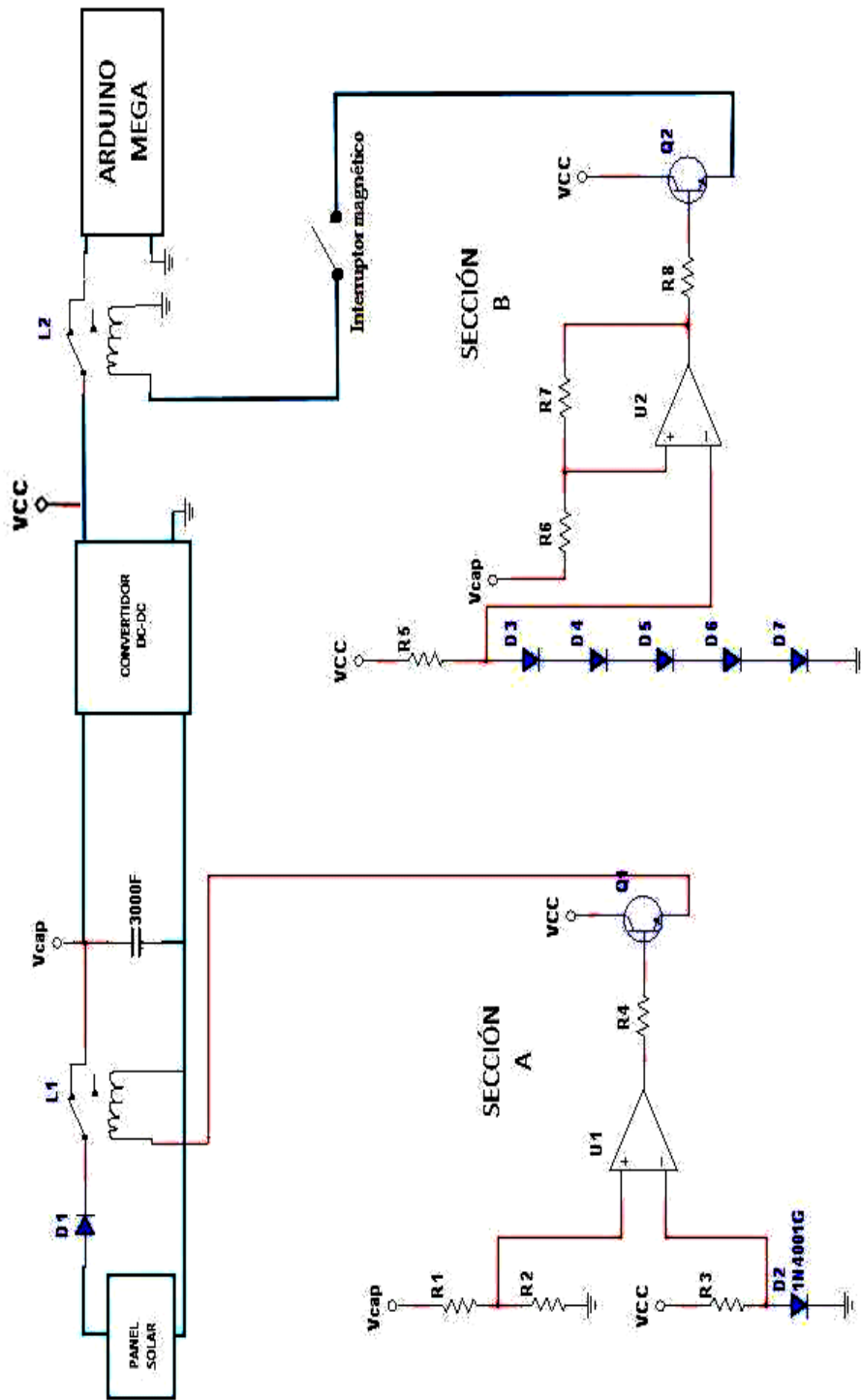


Fig.25: Simulación del Circuito de Carga del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

Ahora se debe referir el voltaje del capacitor al voltaje de referencia, esto se lo hace por medio de un divisor de tensión (6). El circuito de referencia de voltaje se conecta al terminal negativo del Opam, el divisor de tensión formado por R1 y R2 se conecta al terminal positivo. Se desea que cuando el voltaje del capacitor llegue a 2,87 V en el divisor de tensión aparezca un voltaje que sea ligeramente mayor al voltaje promedio de 0,67V de la referencia de voltaje, con este propósito se realizó el siguiente calculo. En el siguiente ejercicio de divisor de voltaje Thevenin (Fig. 26) se emplean valores de $V_s = 2,85 \text{ V}$, y de $V_2 = 0,65\text{V}$ para encontrar el valor en las resistencias R1 y R2 para tener un valor de voltaje entre 0 – 0,65V cuando el ultracapacitor está cargado.

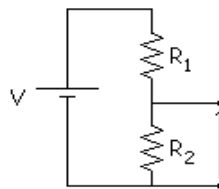


Fig.26: Ejemplo de Circuito

Fuente: Elaborado por el Autor

Voltaje Thevenin – Calculo de Resistencia 1 (Boylestad, 2009)

$$V_2 = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_s \quad R_1 = \frac{V_s - V_2}{V_2} R_2 \quad R_1 = \frac{2,85 - 0,65}{0,65} R_2 \quad R_1 = 3,38 R_2 \quad (6)$$

En la ecuación de voltaje Thevenin (6), se realiza un despeje de fórmula para encontrar el valor de R1 asumiendo que el valor de la Resistencia **R2** es de 100k, entonces **R1** = 330k. En la Fig.27 se muestran ejemplos de Opam comparador.

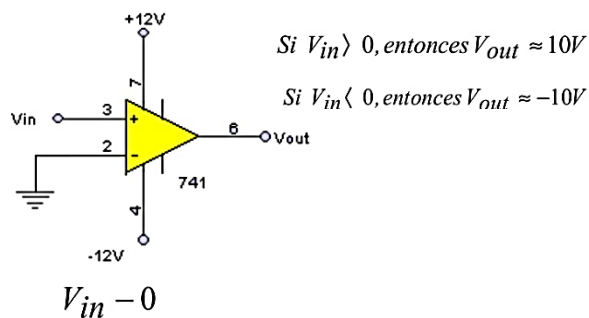


Fig.27: Ejemplos Opam Comparador

Fuente: Elaborado por el Autor

Los valores de voltaje del panel solar van a depender de la condición climática y hora del día. El convertidor DC-DC funciona con un voltaje de entrada de 2V y brinda un voltaje de salida de 12V. A la salida del convertidor DC-DC se encuentra un relé conectado al arduino y sus periféricos. Si el capacitor no está cargado a un cierto valor nominal el relé está apagado y consecuentemente el arduino y sus periféricos no están energizados.

El relé se lo enciende solamente cuando el ultracapacitor alcanzó cierto voltaje de carga. El encendido del relé L2 está controlado directamente por un lazo de histéresis con un umbral de 1,8 V y un umbral superior de 2,3 V. Este lazo es implementado por el Opam de la sección B del circuito integrado U2, la ventana de histéresis depende del valor de las resistencias R6 y R7. La referencia de voltaje se la estableció en 2,1 V. Al igual que en la sección anterior se utilizó una referencia de voltaje basado en diodos. Para obtener la caída de voltaje deseada de 2,1 V se conectaron 5 diodos 1N4001 en serie, la resistencia R5 limitaba la corriente que circula a través de estos diodos. Los valores de las resistencias fueron obtenidos empíricamente por medio de simulaciones. La Fig.28 representa la histéresis del circuito de carga.

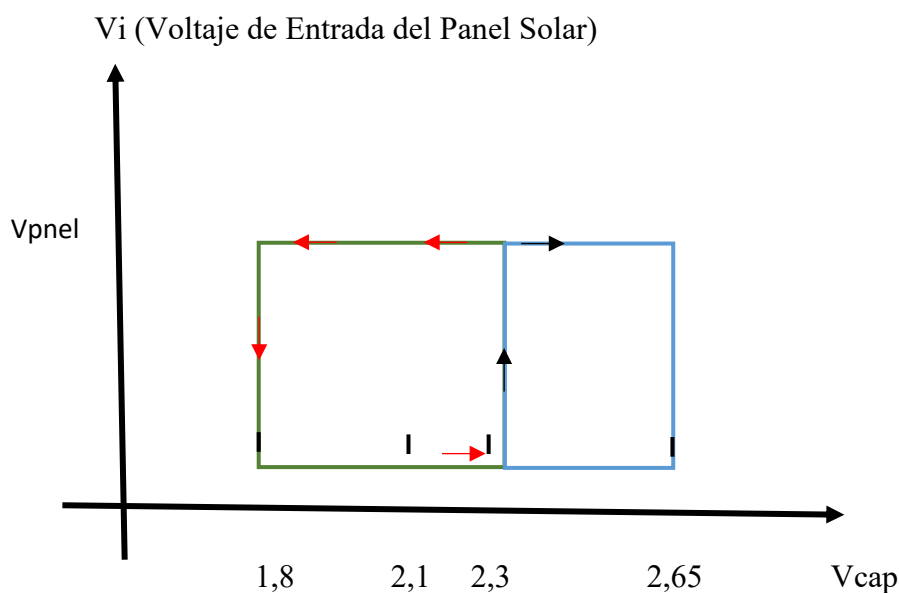


Fig.28: Gráfica que representa la histéresis

Fuente: Elaborado por el Autor

Para dar la orden de encendido del arduino y sus periféricos se debe activamos el relé L2 por medio del transistor Q2. Para que el usuario controle el encendido y el apagado del dispositivo se añadió un interruptor magnético (Fig.29), que está entre el Opam sección B y el transistor Q2.

El interruptor magnético requiere que se acerque un imán para activarse. Esto permite evitar perforar el casco del trazador lagrangiano para que se instale un interruptor de encendido y apagado externo para que no se comprometa la hermeticidad del dispositivo. Cabe destacar que aunque se retire el seguro del interruptor magnético el dispositivo no encenderá hasta que se cargue el ultracapacitor.

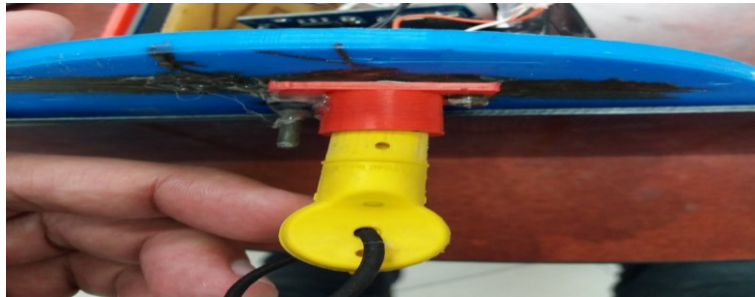


Fig.29: Interruptor Magnético
Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.1.3 DISEÑO DE LA PLACA PCB DEL CIRCUITO DE CARGA DEL TRAZADOR LAGRANGIANO

El diseño del circuito de carga se lo realizó en la plataforma creativa Fritzing Fab (Fig.30), este Software Libre ofrece opciones de diseñador virtual que permiten observar el circuito de carga desde las perspectivas de arriba y abajo, dando así una mayor facilidad para la colocación de los elementos electrónicos. De forma que cuando se ha concluido el circuito de carga, este mismo circuito puede ser utilizado para la implementación en una placa PCB. Una vez que se tiene el circuito impreso, se procede a emparejarlo con la placa de la baquelita virgen para realizar los agujeros en donde se van a colocar los elementos electrónicos, estos agujeros deben

tener la medida exacta de cada uno de los elementos (Fig.31), ya que al ser colocados en la placa deben entrar sin ninguna dificultad.

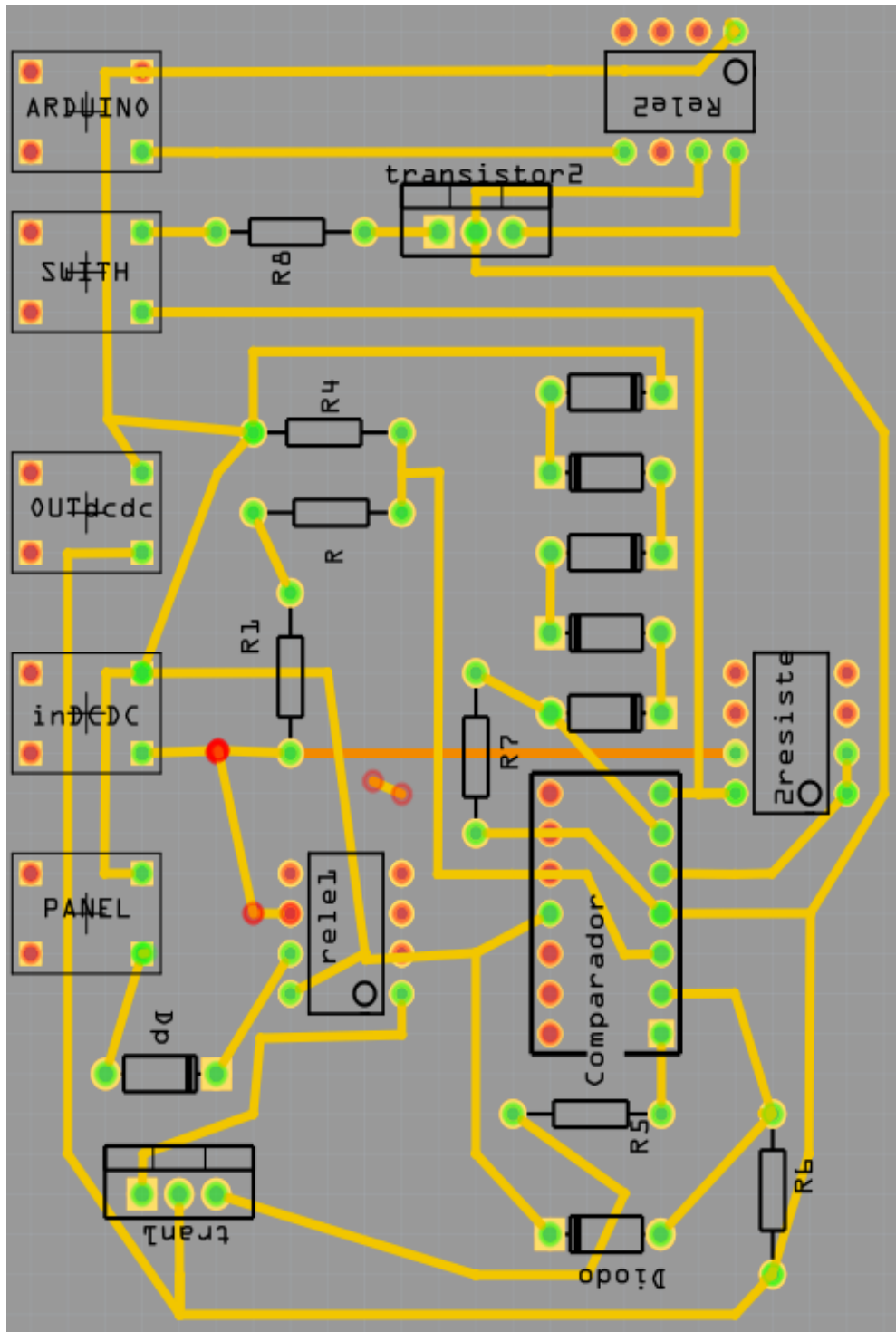


Fig.30: Diseño de la Placa PCB del Circuito de Alimentación en Fritzing Fab

Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.31: Baquelita con las perforaciones del Circuito de Carga

Fuente: Elaborado por el Autor

El circuito debe replicarse de forma exacta en la baquelita (Fig.32) y sus líneas deben ser reforzadas con marcador negro Multimark 421- M permanente, las líneas deben estar bien sombreadas para que al momento de que se le aplique el cloruro férrico a la baquelita, las líneas no sean borradas de la placa.

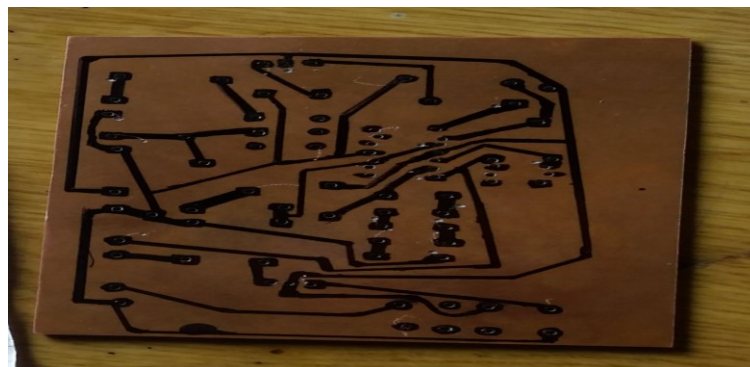


Fig.32: Circuito de Carga replicado en la Baquelita

Fuente: Elaborado por el Autor

Luego de limpiar la baquelita con el cloruro férrico por unos 5 min aproximadamente, se procede a revisar la continuidad de las líneas conductoras de la placa (Fig.33), luego se coloca los elementos para soldarlos (Fig.34). Para finalizar se prueba la placa elemento por elemento, una vez que se ha cerciorado que todas las líneas conducen y que no existen cortos en la baquelita, se puede realizar las respectivas pruebas de carga.

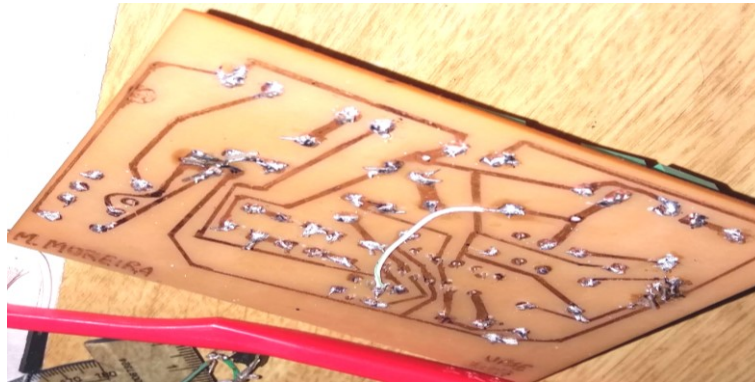


Fig.33: Líneas de conducción de la PCB
Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.34: PCB del circuito de Carga
Fuente: Elaborado por el Autor

Para conectar los sensores al Arduino Mega, se diseñó una PCB con las características de los módulos Shield para Arduino (Fig.35).

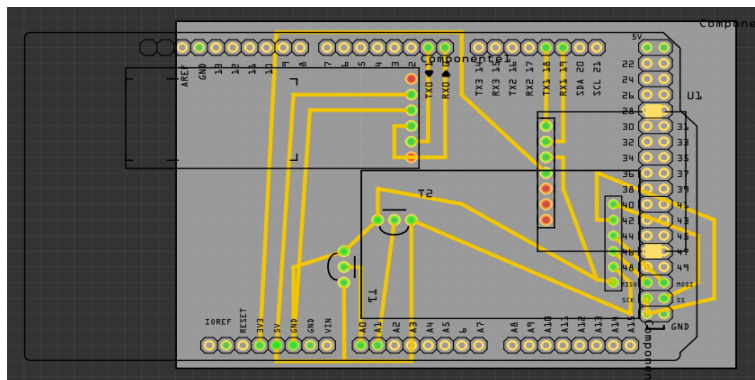


Fig.35: Diseño de la Placa PCB de la Shield en Fritzing Fab.
Fuente: Elaborado por el Autor

Estos módulos se insertan en las tarjetas de arduino y sus pines hacen contacto con los diferentes sensores que se vayan a utilizar, en este proyecto se diseñó un módulo Shield que conecte el Bluetooth, Gps, SD card, sensor de temperatura LM35, que permiten la conexión entre los sensores y el arduino (Fig.36), eliminando todo tipo de conexión por cables.

Una vez que se realizó la implementación del diseño de la Shield en la baquelita, se proceden a soldar los sensores, luego a comprobar la continuidad en todas las líneas de la Shield, descartar puntos de cortos y por último se hace la prueba de operatividad.

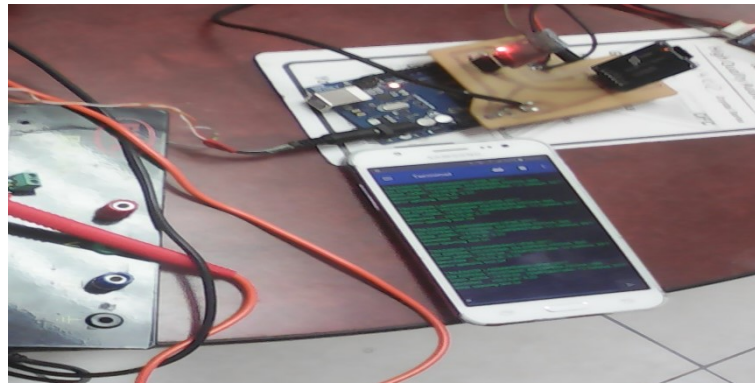


Fig.36: Shield del TL en Arduino Mega

Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.1.4 SISTEMA DE CONTROL

La tarjeta Arduino Mega se encarga de controlar los procesos de recopilación de datos y comunicación del trazador lagrangiano, por lo cual se lo denomina como el CPU del proyecto.

A continuación se muestran los cálculos del consumo total de corriente y de la resistencia de carga del sistema, estos valores son necesarios para poder obtener el tiempo que va a tardar el ultracapacitor en ser cargado. Los valores de corriente de operación de los dispositivos han sido tomados de acuerdo a los valores establecidos en los datasheets de los dispositivos.

DISPOSITIVO	Corriente de Operación
GPS UBLOX NEO 6M	40,00 mA
BLUETOOTH HC-06	40,00 mA
LM35	0,06 mA
SD MICRO CATALEX	200,00 mA
ARDUINO MEGA	93,00 mA
Consumo total de Corriente	373,06 mA

Tabla.2: Tabla Del consumo de corriente del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

El consumo total de corriente del sistema es de 373,06 mA. Se necesita hallar el valor de la resistencia de carga del sistema y para eso se va a aplicar la ley de Ohm. (Hayt, 2007).

Ley de Ohm – Calculo de Resistencia total del sistema

$$I = \frac{V}{R} \quad R = (373,06 \text{ mA}) (12 \text{ V}) \quad R = 4476,72 \text{ k}\Omega \quad (7)$$

En la ecuación de la ley de Ohm (7) se realiza un despeje para encontrar el valor de la resistencia total del sistema, asumiendo que el voltaje total es de 12V y que la corriente es de 373,06 mA, entonces la resistencia total del sistema es de 4476,72 kΩ. Se necesita predecir en un sistema RC con carga de voltaje (Fig.37) cuanto es el Tao. (Boylestad, 2009).

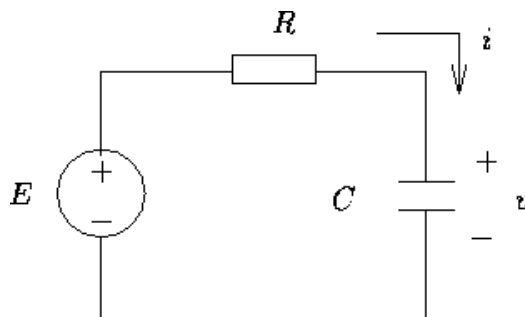


Fig.37: Grafica del Circuito RC del Sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

Para obtener el valor de la constante de tiempo del circuito se reemplaza el valor de la resistencia de $4,47672 \Omega$ y se la multiplica por el valor de la capacitancia del ultracapacitor de 3400 F y en base a este cálculo se obtiene un τ de $15220,848 \text{ seg}$, que transformado da un valor de $4,22 \text{ horas}$, tiempo que tarda el ultracapacitor en ser cargado.

Calculo de la constante de tiempo (τ) del circuito RC.

$$\tau = R C \quad \tau = (4,47672 \Omega) (3400 \text{ F}) \quad \tau = 15220,848 \text{ seg} \quad (8)$$

En el diseño de la Fig.38 se pueden apreciar las conexiones de los sensores al microcontrolador y de los elementos que se encargan de la alimentación de todo este sistema como lo son el ultracapacitor Maxwell conectado al convertidor DC-DC que le enviará los 7V necesarios para encender el microcontrolador y todos los módulos conectados.

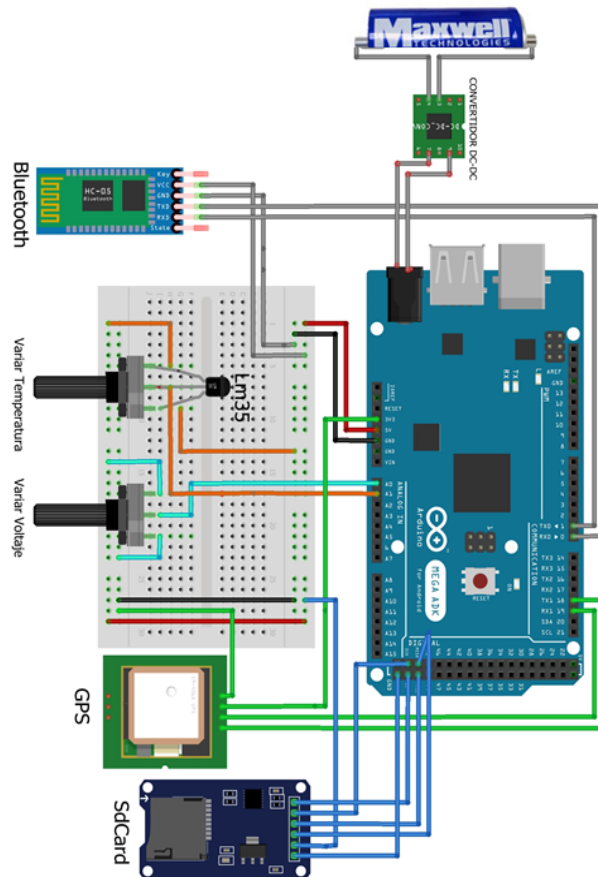


Fig.38: Esquema de las Conexiones de los sensores del TL.

Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.1.5 SENSORES

GPS UBLOX NEO 6M

El GPS se encarga de recopilar los datos de ubicación en tiempo real del trazador lagrangiano, La conexión del GPS va directamente a la tarjeta de Arduino Mega (Fig.39), y se utilizan los pines (VCC, GND, RX, TX,) del GPS para conectarlos a los pines (+5V, GND, TX1, RX1) del Arduino Mega. (NEO-6, 2010).

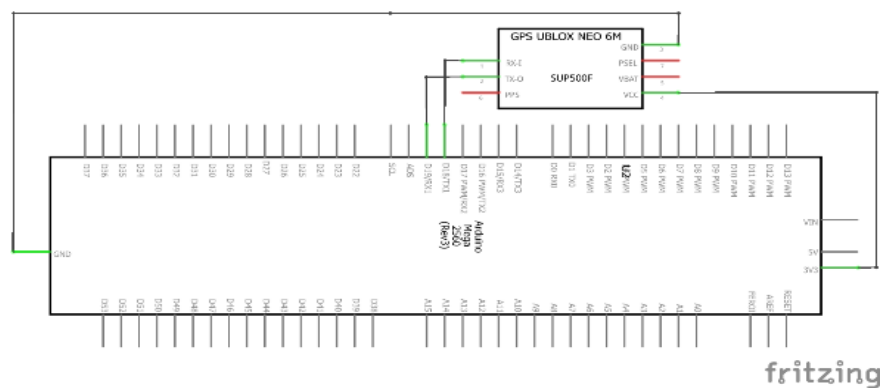


Fig.39: Esquema de Conexión de Arduino y GPS

Fuente: (NEO-6, 2010)

Precisión de tiempo:	1 us
Referencia del sistema de coordenadas:	WGS-84
Altitud máxima:	18.000m
Velocidad máxima:	515 m/s
Propiedades eléctricas:	Seguimiento de sensibilidad: -161 dBm Sensibilidad de la adquisición:-148 dBm
Temperatura de funcionamiento:	Desde -40°C hasta +80°C
Consumo de energía:	<80 mW 1.8V, 120 mW 3.0 V
Características de Antena	
Tipo:	Activa y pasiva
Esquema Dimensión:	18.2 x 18.2 x 4.0 mm
Frecuencia central:	1575 ± 3 MHz
Impedancia:	50 Ω
Consumo de Energía	
Rastreo	<30mA - 3V Vcc
Adquisición	40mA

Tabla.3: Especificaciones de GPS UBLOX NEO 6M

Fuente: (NEO-6, 2010)

MÓDULO BLUETOOTH HC-06

El módulo HC-06 se conecta al puerto serial 1 de la Tarjeta Arduino Mega (Fig.40) y utiliza el protocolo de comunicación UARTS RS 232 serial, el módulo también tiene un regulador interno que permite que se alimente de 3,6 a 6 Voltios. (HC, 2011).

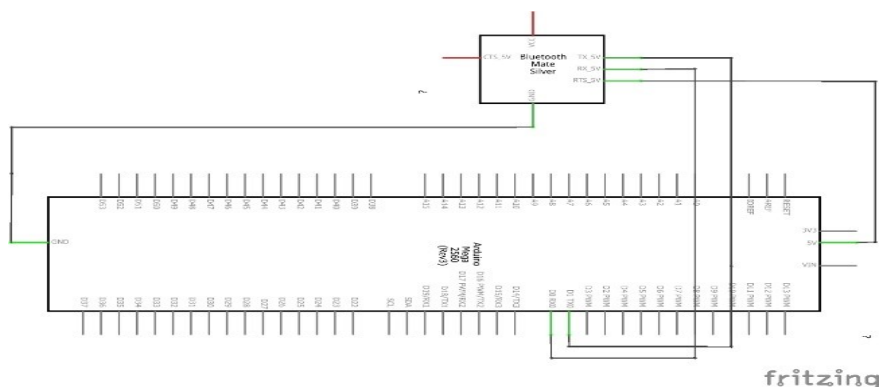


Fig.40: Micro SD conexión al Arduino Mega

Fuente: (Kay, 2017)

Led Luz Fija:	Significa que esta encendido el módulo.
Led Luz Intermitente:	El módulo está apareado con tarjeta Arduino.
Encriptación:	Password por defecto 1234
Modo de operación:	Esclavo
Modulación:	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Tipo de Antena:	PCB incorporada
Potencia de emisión:	≤ 6 dBm, Clase 2
Sensibilidad:	≤ -80 dBm a 0.1% BER
Alcance Máximo de la conexión:	10 mts.
Voltaje de Alimentación:	3.3VDC – 6VDC
Voltaje de operación:	3.3VDC
Baud rate ajustable:	1200, 2400, 4800, 9600, 19200,38400, 115200
Corriente de Trabajo:	8 a 30 mAh
Corriente de Operación:	< 40 mA
Chip de radio:	CSR BC417143
Temperatura de operación:	-25°C a $+ 75^{\circ}\text{C}$
Dimensiones:	1.7 cm x 4 cm

Tabla.4: Especificaciones de BLUETOOTH HC-06

Fuente: (Kay, 2017)

SENSOR DE TEMPERATURA LM35

El dispositivo LM35 (Fig.41) tiene precisión con tensión de salida proporcional a la temperatura en grados centígrados, este dispositivo tiene ventaja sobre otros dispositivos de temperatura que requieren de calibración externa para proporcionar precisiones típicas. Cuando se lee un sensor de temperatura con arduino por medio del puerto analógico se obtiene un valor entre 0 y 1023, eso quiere decir que se obtienen 1024 valores diferentes. A partir de esta teoría se origina la ecuación que da el valor de temperatura en función del voltaje que capta el LM35. (Intruments, 2016). En la (Fig.42) se muestran las conexiones del sensor LM35 al Arduino Mega. Ecuación del valor de temperatura en función del voltaje

$$\mathbf{Temperatura} = 5 * Valor\ del\ analogRead(PIN) * \frac{100}{1024} \quad (9)$$

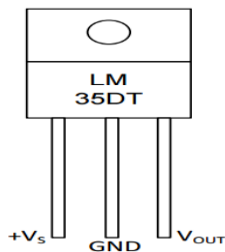


Fig.41: Sensor LM35

Fuente: Elaborado por el Autor

Calibración:	Grados Celsius (Centígrados)
Interfaz:	Salida analógica
Voltaje de alimentación:	4V min – 30 V máx.
Factor de Escala:	Linear +10 mV / °C
Precisión:	0,5°C
Rango de temperatura:	-55 °C a 150°C
Voltaje de operatividad:	4V a 30V
Corriente de alimentación:	60 µA
Consumo de corriente:	60 µA aproximadamente
Impedancia de Salida:	0,1 Ω a 1- mA

Tabla.5: Especificaciones de LM35

Fuente: Elaborado por el Autor

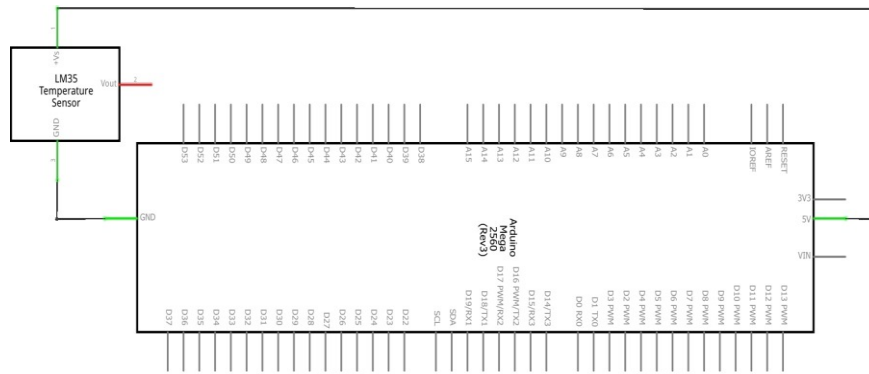


Fig.42: LM35 conexión al Arduino Mega

Fuente: Elaborado por el Autor

SD MICRO SD CATALEX

Este módulo utiliza el protocolo de comunicación Serial Peripheral Interface (SPI), el cual es una biblioteca que le permite comunicarse con arduino, este es un protocolo de datos en serie que utilizan los microcontroladores para comunicarse entre sí, por lo general se encuentra un microcontrolador esclavo que controla a los otros dispositivos, este protocolo consta de 4 líneas de datos que van conectadas a las cuatro líneas de SPI que tiene el board de Arduino Mega (Fig.43), de forma que cuando se escriben y se leen datos del board de Arduino Mega se capturan datos de entrada en SPI y envía datos en ese mismo formato. (Davis, 1998).

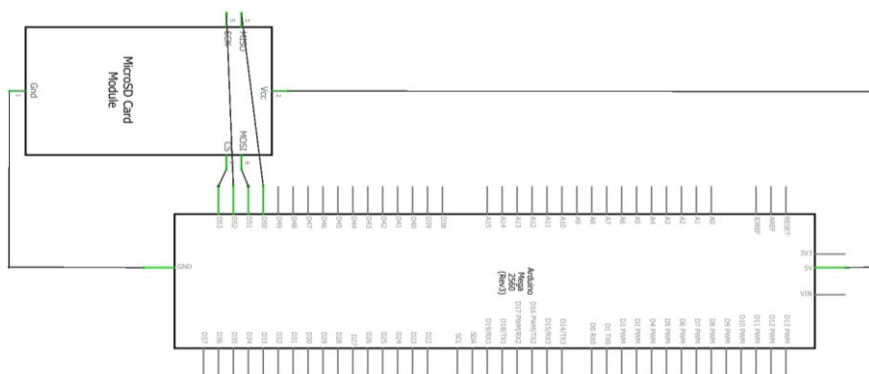


Fig.43: Micro SD conexión al Arduino Mega

Fuente: (Davis, 1998)

Capacidad de Micro SD:	2GB
Capacidad de Micro SDHC:	32 GB
Voltaje de funcionamiento:	4.5 V – 5.5 V máx.
Voltaje del Circuito Regulador de Voltaje:	3.3 V
Interfaz de Nivel Eléctrico:	3.3 V – 5V
Corriente de operación:	0.2 mA – 200mA

Tabla.6: Especificaciones de Micro SD

Fuente: (Davis, 1998)

2.5.2 DISEÑO DE FIRMWARE

El firmware del trazador Lagrangiano se diseñó en el programador de Arduino (Fig.44), este al ser un software libre permite trabajar en un entorno más amplio de instrucciones y librerías. El firmware se encarga de leer las tramas de datos provenientes del GPS, del sensor de temperatura y del nivel de voltaje del ultracapacitor, luego las empaqueta y las guarda en una tarjeta Sdcard y las transmite inalámbricamente a través de un puerto bluetooth a un dispositivo que tenga sistema operativo Android como un teléfono o una tableta.

El firmware comienza por la inicialización de los sensores que parte por incluir las declaraciones de los ficheros `#include <TinyGPS++.h>`, `#include <SPI>`, `#include <SD.h>`, estas son librerías que han sido programadas para la comunicación entre el arduino y los sensores, estas librerías son de uso libre y se las puede descargar desde la nube de arduino.

La Librería `#include <TinyGPS++.h>` se encarga de analizar los flujos de datos estándar NMEA (National Marine Electronics Association) proporcionado por el módulo GPS. Ésta biblioteca proporciona interfaces para que los usuarios puedan obtener datos como la fecha, hora, velocidad. La librería `#include <SPI.h>` se encarga de iniciar y configurar el SPI (esencial para los buses de comunicación de los circuitos integrados) y la librería `#include <SD.h>` que permite la lectura y la escritura en las tarjetas Sdcard.

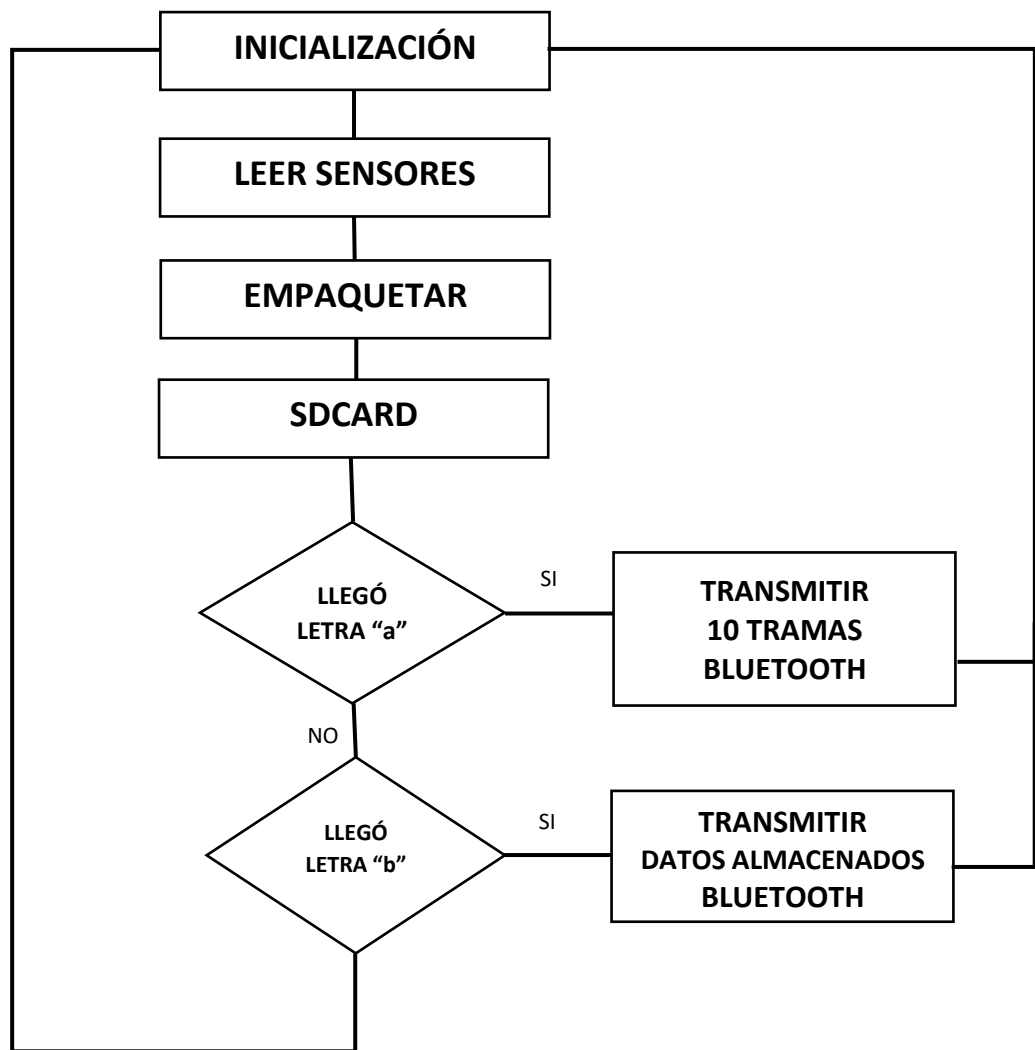


Fig.44: Diagrama de flujo del Firmware.

Fuente: Elaborado por el Autor

Luego se declara la variable para el GPS con el TinyGPSPlus y se seleccionan los pines de entradas analógicas por medio de las interrupciones externas int.0 para variables de temperatura e int.1 para variables de voltaje del ultracapacitor. Luego se procede a abrir los puertos en serie, estableciendo la velocidad para la comunicación en 9600 baudios, se activa el puerto serial serial.begin(9600) para visualizar los datos en el hiperterminal en la PC. El módulo Bluetooth va conectado a este puerto serial por lo que cuando se muestre la trama datos en el hiperterminal de la PC se visualizara simultáneamente en la App del dispositivo Android

vinculado, y el puerto serial serial1.begin(9600) para que se realice el enlace de conexión con el shield gps.3

Una vez que el puerto serial se conecte, se procede a inicializar la Sdcard, el pin de salida es el CS conectado al pin 53 del arduino a través del cual se transmitirá la información almacenada de la Sdcard, en el caso de que no se puede inicializar la Sdcard por problemas de conexión en la PCB, se mostrará el siguiente mensaje "No se pudo realizar conexión", y el mensaje saldrá hasta que se solucione el problema de conexión en la PCB. En el caso de que la conexión este en un buen estado la inicialización se dará con éxito y en el hiperterminal se mostrará un menú con las siguientes opciones a y b: La primera opción se aplica con el mensaje "PRESIONE 'a' PARA TRANSMITIR TRAMA GPS". Una vez que se ha presionado la "a" el hiperterminal mostrará la trama en tiempo real.

La segunda opción es presionar la letra "b" la cual se muestra en el hiperterminal con el mensaje "PRESIONE 'b' LEER CONTENIDO SD CARD", y una vez presionada esta letra se observaran todas las tramas de datos almacenadas en la Sdcard.

Luego se prepara el empaquetado del firmware, en esta parte se va a asignar el formato con el que se va a visualizar en el hiperterminal toda la trama de datos, esta información se visualizará cada vez que el usuario presione la letra "a" o la letra "b". Primero se establece la condición de lectura serial para el GPS, el mismo que después de que el microcontrolador se haya puesto en funcionamiento, tiene un tiempo para engancharse a los satelitales de alrededor de 2 a 5 minutos, dependiendo del lugar donde se encuentre ubicado el GPS, mientras este proceso se realiza, en el hiperterminal se mostrara el mensaje "EN ESPERA."

Inmediatamente después de que se ha enganchado, en el firmware se empaquetan los formatos de latitud, longitud, el cual se mostrarán con 7 decimales, la velocidad estará expresada en kmph. La fecha se mostrará en el formato día|mes|año, la hora que utilizan los GPS está en el formato GMT o más conocido como hora mundial,

pero para mayor comodidad se la codifico para que se muestre con la hora local utilizando la sentencia `(gps.time.hour()-5)` , se añadió -5 a la hora GMT debido a la ubicación de la zona horaria de Ecuador, al final la fecha se visualizará de la siguiente manera FECHA: 4|25|2017.

La temperatura será leída por el pin de entrada analógico A1 y se podrá visualizar en grados Celsius y grados Fahrenheit, se coloca la codificación con la ecuación que se utiliza para transformar la medición del sensor de temperatura LM35 a grados Celsius (`samples[f] = (5.0 * analogRead(pin) * 100.0) / 1024.0;`), luego a ese valor se le suma el valor de temperatura (`tempc = tempc + samples[f];`) , y por último se le divide para 5 para mejorar la precisión (`tempc = tempc/5.0;`), y al final de este proceso se obtiene la temperatura real en grados Celsius , y luego para obtener el valor de temperatura en grados Fahrenheit se le suma el valor de 32 tal como se muestra en la línea de codificación (`tempf = (tempc * 9)/ 5 + 32;`), al final se mostrará la temperatura de la siguiente manera TEMPERATURA:56 Celsius, 132 Fahrenheit.

El voltaje lo leerá el pin de entrada analógico A0, en esta codificación se convierte la lectura analógica que va desde 0 a 1023, hacia un voltaje de 0 a 5 Voltios mediante la línea (`float voltaje = valor_sensor * (5.0 / 1023.0);`) , este voltaje servirá para saber cuál es el voltaje del ultracapacitor.

Luego se codifica para que en la Sdcard se pueda ingresar a reescribir los datos, mediante la línea (`myFile = SD.open("test.txt",FILE_WRITE)`) que permite ingresar a la SD card para que se realice una sobrescritura de archivos , se realiza este proceso tanto para cuando se ingresa el carácter "a" como para el carácter "b"

Por último se añade las codificaciones para el caso en el que no se pueda almacenar la trama de datos, y que en el hiperterminal se muestre el mensaje "error opening test.txt" y en el caso de que el GPS no sea detectado por problemas en las conexiones se muestre el mensaje "GPS NO DETECTADO, VERIFICAR CONEXIONES". Y se procede al cierre al cierre de lecturas del serial y el cierre el

void loop. Este firmware se lo compila en el IDE de Arduino (Fig.45) para luego subirlo en la tarjeta de Arduino Mega

```

firmware_final1 Arduino 1.5.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

firmware_final1

void setup() // APERTURA DEL SETUP.
{ // LLAVE DE APERTURA.
  Serial.begin(9600); // INICIALIZACION DEL PUERTO SERIAL, PUES MOSTRAREMOS EN EL COMPUTADOR.
  Serial1.begin(9600); // INICIALIZACION DEL PUERTO SERIAL1, DONDE HEMOS HECHO ENLACE DE CONEXION CON EL SHIELD GPS.

  while (!Serial)
  { // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
  }

  Serial.print("Iniciando SD card...");
  Serial.println("UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA");
  Serial.println("PREFEAL TRAZADOR LAGRANGIANO");
  Serial.println("MAURO TORRES");
  Serial.println();

  pinMode(53, OUTPUT);

  if (!SD.begin(53)) {
    Serial.println("No se pudo realizar conexion");
    return;
  }

  Serial.println("Inicializacion lista");
  Serial.println("PRESIONE 'a' PARA TRANSMITIR TRAMA GPS");
  Serial.println("PRESIONE 'b' LEER CONTENIDO SD CARD");
} // LLAVE DE CIERRE, FIN DEL SETUP.
////////////////////////////////////// SEPARACION.

Compilado
Sketch uses 20,988 bytes (8%) of program storage space. Maximum is 253,952 bytes.
Global variables use 1,644 bytes (20%) of dynamic memory, leaving 6,548 bytes for local variables. Maximum is 8,192 bytes.
  
```

Fig. 45 Firmware Compilado

Fuente: Elaborado por el Autor

Se necesita de un dispositivo con sistema operativo Android (Fig.46) para realizar la vinculación con el módulo bluetooth del trazador lagrangiano, una vez que ambos dispositivos están vinculados, el módulo HC – 06 transmitirá los datos captados por el gps, el sensor de temperatura LM35, el voltaje del capacitor y estos datos se podrán visualizar en el terminal de la app Serial Bluetooth Terminal (Fig.47).



Fig.46: Dispositivo Android

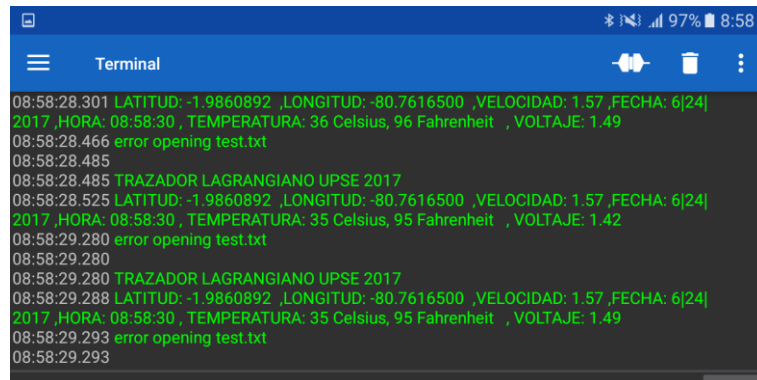
Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.47: Terminal de la App

Fuente: Elaborado por el Autor

En el caso de que las conexiones de la tarjeta Sdcard no establecieran continuidad con la PCB de sensores, entonces en la App se mostrará el mensaje error opening test.txt (Fig.48) que significa que la tarjeta no se inicializó, por lo que se debe revisar las conexiones para que se establezca continuidad.



```
08:58:28.301 LATITUD: -1.9860892 ,LONGITUD: -80.7616500 ,VELOCIDAD: 1.57 ,FECHA: 6j24|
2017 ,HORA: 08:58:30 , TEMPERATURA: 36 Celsius, 96 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.49
08:58:28.466 error opening test.txt
08:58:28.485
08:58:28.485 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
08:58:28.525 LATITUD: -1.9860892 ,LONGITUD: -80.7616500 ,VELOCIDAD: 1.57 ,FECHA: 6j24|
2017 ,HORA: 08:58:30 , TEMPERATURA: 35 Celsius, 95 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.42
08:58:29.280 error opening test.txt
08:58:29.280
08:58:29.280 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
08:58:29.288 LATITUD: -1.9860892 ,LONGITUD: -80.7616500 ,VELOCIDAD: 1.57 ,FECHA: 6j24|
2017 ,HORA: 08:58:30 , TEMPERATURA: 35 Celsius, 95 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.49
08:58:29.293 error opening test.txt
08:58:29.293
```

Fig.48: Error al inicializar la sdcard

Fuente: Elaborado por el Autor

En el caso de que la inicialización de la sdcard se haya realizado con éxito, el Terminal de la App indicará que se debe ingresar la letra “a” para poder visualizar los datos recopilados en tiempo real (Fig.49), y en el caso de que se desee acceder a los datos que se han archivado en la Sdcard se debe presionar la letra “b” (Fig.50) para visualizarlos en el terminal de la App. Estos datos almacenados se mostrarán hasta que se llene la capacidad de la Sdcard y luego habrá que vaciar la tarjeta de memoria para poder reutilizarla.



```
a
TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
LATITUD: -2.226305 ,LONGITUD: -80.867080 ,VELOCIDAD: 0.52 ,FECHA: 4j25|
2017 ,HORA: 013:31:08 , TEMPERATURA: 46 Celsius, 114 Fahrenheit , VOLTAJE: 0.34

TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
LATITUD: -2.226305 ,LONGITUD: -80.867080 ,VELOCIDAD: 0.52 ,FECHA: 4j25|
2017 ,HORA: 013:31:08 , TEMPERATURA: 54 Celsius, 129 Fahrenheit , VOLTAJE: 0.29

TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
LATITUD: -2.226305 ,LONGITUD: -80.867080 ,VELOCIDAD: 0.52 ,FECHA: 4j25|
2017 ,HORA: 013:31:08 , TEMPERATURA: 60 Celsius, 140 Fahrenheit , VOLTAJE: 0.30
```

Fig. 49. Ingreso de la letra “a”

Fuente: Elaborado por el Autor

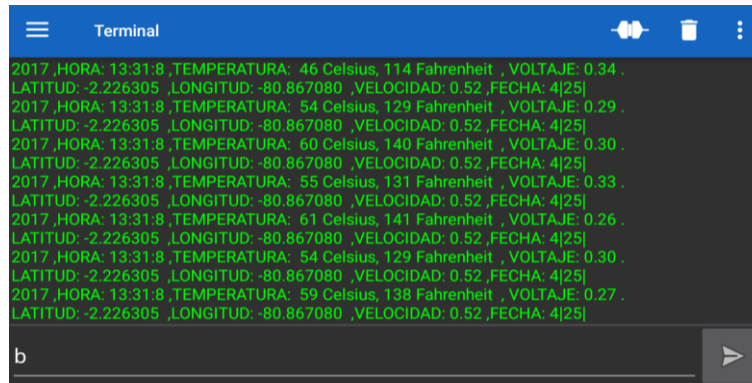


Fig. 50. Ingreso de la letra “b”

Fuente: Elaborado por el Autor

Es así como trabaja el firmware del trazador lagrangiano y como se puede visualizar los datos recopilados en tiempo real a través de la vinculación de dispositivo Android con Bluetooth (Fig.51), brindando un monitoreo totalmente inalámbrico que estará cubierto por la capacidad de alcance del HC-06 de unos 10m aproximadamente.

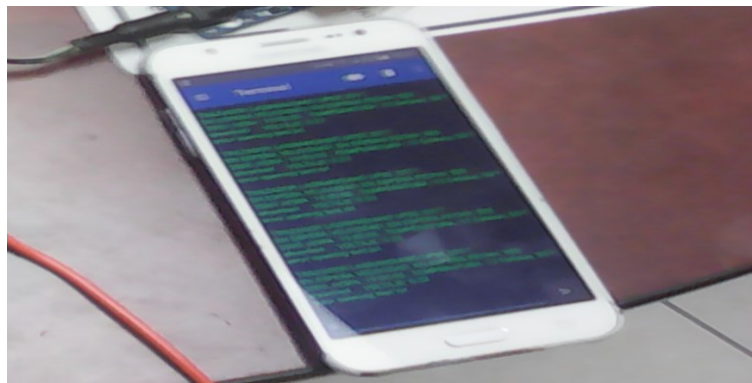


Fig. 51: Visualización de datos en la App

Fuente: Elaborado por el Autor

2.5.3 DISEÑO FÍSICO DEL TRAZADOR LAGRANGIANO

Una veleta superficial de construcción artesanal está conformado básicamente por: el banderín ubicado en la parte superior, el flotador, la veleta, y el peso, este tipo de trazadores no tienen ningún tipo de sistema electrónico incorporado, su

funcionamiento es totalmente mecánico y como se muestra en la Fig.52 está listo para ser transportado a su área de operatividad.

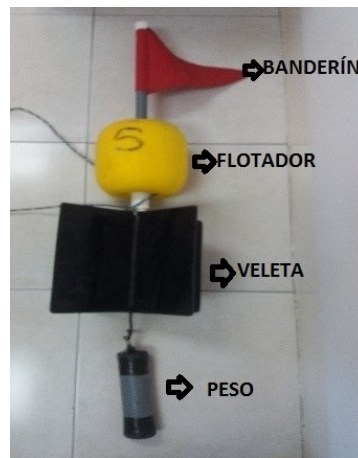


Fig.52: Veleta Superficial

Fuente: Elaborado por el Autor

El trazador lagrangiano que se propone en este proyecto conserva el aspecto físico del trazador lagrangiano artesanal, formado por una parte cilíndrica donde se va a instalar el sistema electrónico, las medidas del cilindro son de: 35cm de altura y 110mm de diámetro. Datos que son necesarios para poder calcular la flotabilidad del trazador, para esto se utiliza la ecuación para hallar el volumen sumergido (1), de esta ecuación se procede a reemplazar el A_b por la fórmula del área que es πr^2 y luego de esto a realizar el cálculo del volumen sumergido. Este valor de V_s luego será reemplazado en la ecuación de la flotabilidad (2), cabe recalcar que el valor de P es constante y es igual al valor de la densidad de agua de mar.



Fig.53: Dimensiones del tubo de 4''

Fuente: Elaborado por el Autor

Para obtener el valor de volumen sumergido se procede a reemplazar valores en (1) en el cual el radio es de $(0,05\text{m})^2$ y la altura es de $0,35\text{m}$ (Fig.53), dando como resultado un valor de $0,0027\text{ m}^3$ de volumen sumergido.

Calculo del valor de volumen sumergido

$$V_s = A_b \cdot h = \pi r^2 h \quad V_s = \pi (0,05\text{m})^2 (0,35\text{m}) \quad V_s = 0,0027\text{ m}^3 \quad (10)$$

Para obtener el valor de flotabilidad se procede a reemplazar valores en (2), en el cual se reemplaza el valor de volumen sumergido de $0,0027\text{ m}^3$ multiplicado por el valor de $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ de constante del agua, obteniendo un valor de flotabilidad de $2,7\text{ Kg}$.

Calculo del valor de flotabilidad

$$F = P \cdot V_s \quad F = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0,0027\text{ m}^3) \quad F = 2,7\text{ Kg} \quad (11)$$

También es necesario conocer los valores individuales de peso de cada elemento y su valor total, tal y como se muestra en la Tabla 7.

Elemento	Peso
Capacitor	0,5 Kg
Tarjeta Arduino Mega y PCB	0,23 Kg
Veleta y Plomo	1,65 Kg
Total	2,38 Kg

Tabla.7: Peso total del TL
Fuente: Elaborado por el Autor

Luego se procedió a realizar el ensamble del chasis, empezando por el tubo de 4 pulgadas que se lo dejó a 35 cm de largo (Fig.54) y en la parte inferior del tubo se colocó una tapa hembra de 4 pulgadas sellada con Kalipega, que es el pegamento que une al tubo con la tapa hembra tapando todos los orificios.

La tapa de 4" en su parte inferior lleva una pieza diseñada en impresora 3D (Fig.55), la cual sirve para que el cilindro se pueda conectar con la veleta, a esta

pieza se le colocaron 2 tornillos para asegurarla y se le remató con una capa de epoxyco marino y una capa de Kalipega. El chasis se lo ha diseñado para que tenga hermeticidad que proteja al sistema electrónico, debido a que si tiene una mínima cantidad de filtración de agua se afectaría su funcionamiento en su totalidad.



Fig.54: Tubo sellado con la tapa hembra de 4”

Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.55: Pieza realizada en Impresora 3D

Fuente: Elaborado por el Autor

Al contorno del cilindro se le insertan unos anillos flotadores que se los seccionaron de una tabla de polietileno (Fig.56), este material es ideal para usos en agua saladas y de mucha utilidad para mantener el trazador lagrangiano en posición vertical en su ambiente de operatividad. Con estas primeras adaptaciones del trazador se

realizó la primera prueba para comprobar que la hermeticidad este 100% confiable, esta prueba (Fig.57) se realizó en la piscina de la Universidad Estatal de Santa Elena, y a partir de esta prueba se pudo comprobar que la hermeticidad está en óptimas condiciones, la prueba también sirvió para saber que había que agregarle más peso, para que de esta forma el trazador pueda tener una postura más vertical en el agua.



Fig.56: Tabla de polietileno

Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.57: Prueba de hermeticidad del trazador

Fuente: Elaborado por el Autor

Luego se procedió a la impresión de los soportes para el ultracapacitor y las placas PCB del trazador lagrangiano, estos soportes son de diseño exclusivo para que los

elementos electrónicos queden fijos dentro de la cavidad del recipiente hermético. Los soportes fijan a los elementos electrónicos en posición vertical, debido a que si por algún incidente se llegue a filtrar el agua, esta no se quede estancada sobre los dispositivos. El soporte del ultracapacitor, tiene un espacio adicional para colocar una batería de emergencia en caso de que el operador así lo desee (Fig.58). El recipiente hermético tiene una cavidad vacía, y en el contorno del soporte de la tapa superior del trazador lleva un O-ring o junta tórica para sellar la cavidad superior.



Fig.58: Soporte con batería adicional

Fuente: Elaborado por el Autor

En el interior del recipiente hermético se va a introducir el soporte del ultracapacitor con la batería adicional incorporada (Fig.59), el ultracapacitor va colocado del lado opuesto al panel solar, de tal forma que exista equilibrio en el trazador lagrangiano.



Fig.59. Soporte del ultracapacitor

Fuente: Elaborado por el Autor

El soporte de la placa del sistema de alimentación, se fija a la PCB con 4 tornillos colocados en sus vértices, tiene 2 perforaciones rectangulares en el centro (Fig.60), de un lado de la perforación salen los cables que van a ir conectados al panel solar, la parte superior del soporte va conectado a la tapa del trazador.



Fig.60: Perforaciones del soporte

Fuente: Elaborado por el Autor

Este soporte también mantendrá a la PCB de alimentación en posición vertical (Fig.61), las dimensiones del soporte están hechas a la medida de la PCB de alimentación con el fin de que ocupe el menor espacio posible en el recipiente hermético.

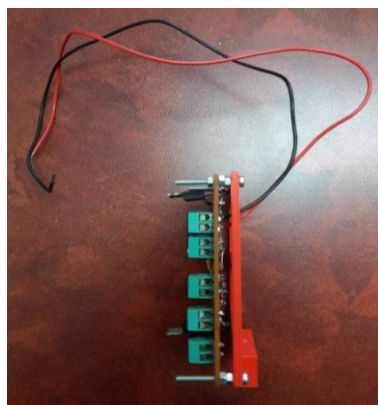


Fig.61: Soporte con PCB de alimentación

Fuente: Elaborado por el Autor

En la Fig.62 se observa el soporte impreso a la medida del Arduino Mega, este tiene

3 pernos en sus vértices que van a ser ajustados en las ranuras del arduino y de esta forma dejarla fija dentro del recipiente hermético, el soporte tiene una cavidad rectangular en el centro para mayor comodidad con el arduino, el arduino siempre va a estar conectado con la Shield que tiene incorporados los sensores del trazador (Fig.63).



Fig.62: Soporte del Arduino
Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.63: Arduino fijado al soporte
Fuente: Elaborado por el Autor

La tapa superior tiene en su parte externa adaptado un interruptor magnético con un diodo led (Fig.64), que servirá para indicar si el sistema está encendido o no, de forma que cuando se coloque el pistón del interruptor magnético (Fig.66) el sistema del trazador deberá encenderse y el diodo led también, de esta forma el operador podrá darse cuenta que el sistema está en funcionamiento. En la parte inferior de la tapa se le aplicó una gota de silicón para fijar los cables de conexión del diodo led (Fig.65)

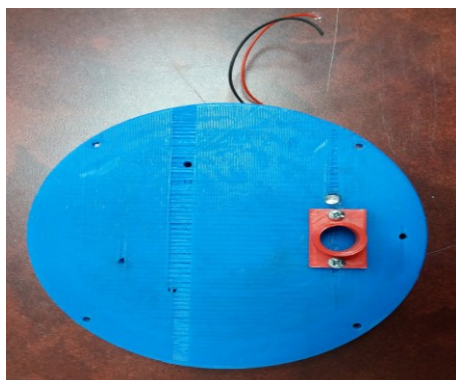


Fig.64: Tapa Superior
Fuente: Elaborado por el Autor

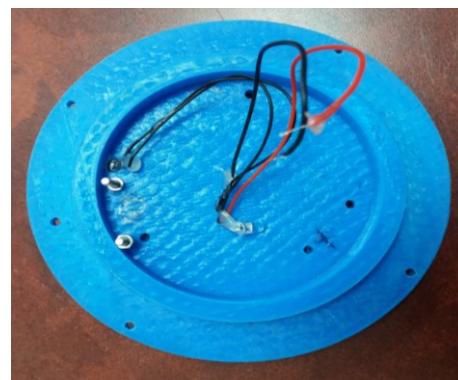


Fig.65: Cables de conexión de Led
Fuente: Elaborado por el Autor

En el centro de la tapa hay dos agujeros en los que se van a atornillar los soportes del arduino y de la PCB de alimentación, primero se coloca la PCB de alimentación y luego se coloca la placa del arduino con los sensores (Fig.67).



Fig.66: Pistón del interruptor magnético

Fuente: Elaborado por el Autor

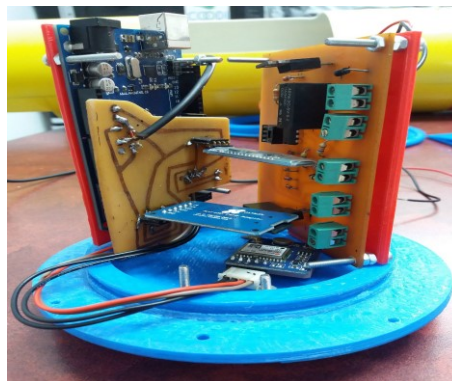


Fig.67: Placas atornilladas en la tapa

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez que las placas se encuentran bien fijadas a los soportes, se procede a insertar en la cavidad del recipiente hermético (Fig.68), esta sección debe entrar sin ningún tipo de forcejeo, cabe recalcar que los soportes se diseñaron en partes individuales, si se realizaba un solo soporte para todo el sistema se corría el riesgo de que este se valla a romper, debido al peso que ejerce el ultracapacitor. Por lo que

la mejor opción fue realizar un soporte para el ultracapacitor y otro soporte para las placas PCB, y así poder tener una mejor manipulación de las partes.

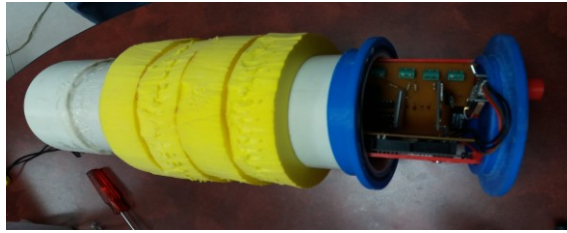


Fig.68: Insertando la tapa con los soportes incorporados

Fuente: Elaborado por el Autor

En la Fig.69 se observa que la tapa superior ha sido atornillada al recipiente hermético, la junta tórica que tienen en el medio de las tapas servirá para sellar e impedir una posible filtración de agua que se pueda presentar en esta cavidad.



Fig.69: Colocación de la tapa superior en el recipiente hermético.

Fuente: Elaborado por el Autor

El panel solar va colocado encima de la tapa superior (Fig.70) con cara hacia el firmamento con el fin de que reciba directamente los rayos del sol

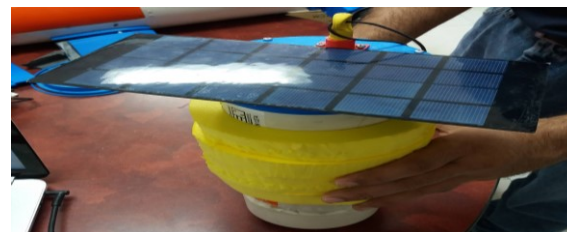


Fig.70: Colocación del panel solar en el trazador

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez que se han colocado los dispositivos electrónicos en el interior del trazador, se procedió a realizar una segunda prueba de hermeticidad (Fig.71) en la piscina de la institución



Fig.71: Segunda Prueba de Hermeticidad

Fuente: Elaborado por el Autor

2.6 COSTOS DEL PROYECTO

DETALLES DE SOFTWARE	CANT.	PRECIO	TOTAL
Sistema Operativo Windows 10	1	\$200.00	\$200.00
Microsoft Office 2013 Profesional	1	\$50.00	\$50.00
Software Arduino	1	\$0.00	\$0.00
Software Fritzing	1	\$0.00	\$0.00
Sistema Operativo Android	1	\$0.00	\$0.00
App Serial Bluetooth Terminal	1	\$0.00	\$0.00
App Mi Ubicación	1	\$0.00	\$0.00
TOTAL SOFTWARE			\$250.00

Tabla.8: Costos de Software del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

DETALLES DE HARDWARE PARA EQUIPO	CANT.	PRECIO	TOTAL
HP Pavilion 14 Notebook PC	1	\$700.00	\$700.00
Samsung J5	1	\$200.00	\$200.00
TOTAL HARDWARE			\$900.00

Tabla.9: Costos de Hardware del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

MATERIALES RECIPIENTE HERMÉTICO	CANT.	PRECIO	TOTAL
Tubo plastigama de 4"	1	\$ 7,00	\$ 7,00
Tapón plastigama hembra de 4"	1	\$ 2,25	\$ 2,25
tabla de polietileno pequeña	1	\$ 13,50	\$ 13,50
Kalipega 125CC	1	\$ 3,00	\$ 6,00
Filamento de plástico Abs Grey	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Veleta de fibra de Vidrio	1	\$ 22,00	\$ 22,00
Plomo	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Amarras plásticas	1	\$ 4,00	\$ 4,00
TOTAL RECIPIENTE HERMÉTICO			\$ 110,65

Tabla.10: Costo de Recipiente Hermético del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

MATERIALES PLACA DE SENSORES (SHIELD)	CANT.	PRECIO	TOTAL
Arduino Mega 2560 R3	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Módulo Bluetooth HC-06	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Gps Ublox Neo 6M	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Tarjeta Micro SD Catalex	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Tarjeta de pines MicroSD	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Sensor de temperatura LM35	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Baquelita sin perforar	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Epadines macho	2	\$ 1,25	\$ 2,50
Cautín	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Percloruro Férrico	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Marcador permanente	1	\$ 1,25	\$ 1,25
TOTAL SHIELD			\$ 149,75

Tabla.11: Costo de la Shield del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

MATERIALES PLACA DE ALIMENTACIÓN	CANT.	PRECIO	TOTAL
Panel Solar	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Elevador de Voltaje MT3608.	1	\$ 17,00	\$ 17,00
Ultracapacitor Maxwell K2	1	\$ 161,72	\$ 161,72
Transistores Tip31C de potencia	2	\$ 1,50	\$ 3,00
SRC-05VDC-SH Relé	1	\$ 1,25	\$ 1,25
4078-2C-5V-0.2 Relé	1	\$ 1,25	\$ 1,25
Opam Comparador LM339	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Interruptor Magnético	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Diodo Rectificador 1N4148 rojos	6	\$ 1,50	\$ 1,50
Diodo Rectificador 1N4001	1	\$ 1,55	\$ 1,55
Diodo Led	1	\$ 0,35	\$ 0,35
Resistencias	9	\$ 0,05	\$ 0,45
Borneras	5	\$ 0,25	\$ 1,25
Baquelita sin perforar 10x15cm	1	\$ 1,05	\$ 1,05
Marcador permanente	1	\$ 1,25	\$ 1,25
TOTAL PLACA DE ALIMENTACIÓN			\$ 194,62

Tabla.12: Costos de PCB de alimentación del TL

Fuente: Elaborado por el Autor

MOVILIZACIÓN	CANT.	PRECIO	TOTAL
Movilización Ayangue	2	\$10.00	\$20.00
Alquiler de embarcación	2	\$20.00	\$40.00
TOTAL MOVILIZACIÓN			\$60.00

Tabla.13: Costos de Movilización

Fuente: Elaborado por el Autor

DETALLE DE COSTOS	TOTAL
TOTAL SOFTWARE	\$ 250,00
TOTAL HARDWARE PARA EQUIPO	\$ 900,00
TOTAL SHIELD	\$ 149,75
TOTAL PLACA DE ALIMENTACIÓN	\$ 194,62
TOTAL RECIPIENTE HERMÉTICO	\$ 110,65
TOTAL MOVILIZACIÓN	\$ 60,00
COSTO FINAL DEL PROYECTO	\$ 1.605,02

Tabla.14: Costo Total del Proyecto

Fuente: Elaborado por el Autor

Los precios de importación nacional e internacional de algunos elementos ya se encuentran incluidos en el detalle de costo. Para mayor detalle se realizó una tabla por cada sección que conforma al trazador y en caso de que se realice el proyecto incluyendo todos los materiales se debe tener un presupuesto final de \$1.605,02.

2.7 PRUEBAS

2.7.1 PRUEBAS DE LABORATORIO

Se empezó comprobando los elementos que estén en buen estado de forma individual, se realizaron las pruebas del ultracapacitor (Fig.72) para calcular los

tiempos de carga y descarga en conjunto con el panel solar. Las pruebas se realizaron teniendo en cuenta que el clima presenta variaciones, por lo que se realizaron etapas de carga en días con clima soleado y clima nublado.

El ultracapacitor recién adquirido viene un voltaje de carga bien bajo, por lo que el primer periodo de carga va a tener un tiempo prolongado hasta que llegue a límite de voltaje. Luego se procedió a descargar el ultracapacitor para calcular los tiempos de carga en base a la histéresis del sistema de alimentación.



Fig.72: Ultracapacitor cargado

Fuente: Elaborado por el Autor

Para proteger de las sobrecargas al ultracapacitor, se ha diseñado un circuito que trabaje con una histéresis ya descrito en el diseño electrónico, y se determinó el valor de las resistencias en base a los cálculos matemáticos de divisor de tensión, además del diseño de un circuito de protección que se encargue de distribuir el voltaje hacia el convertidor DC-DC, ambos circuitos fueron implementados en una PCB de diseño propio.

Para el diseño del firmware también se trabajó individualmente con cada sensor haciendo pruebas de recolección de trama de datos con el GPS y luego estableciendo el formato que se apreciará en el hiperterminal de la aplicación.

Para comprobar la validez de la hora y la fecha que captaba el GPS Ublox Neo 6 se realizó la comparación con la hora y la fecha del dispositivo Android. En todas las pruebas la hora y la fecha fueron las mismas por lo que se estima un porcentaje del 97% de validez en los datos del GPS Ublox Neo 6. Para comprobar la validez de la Coordenadas de Latitud y Longitud que se captaban por medio del GPS Ublox Neo 6 se realizaron comparaciones con la App de Coordenadas “Mi Ubicación”, mostradas en la Tabla.15 y Tabla. 16.

Prueba	Coordenadas de GPS Ublox Neo 6	Coordenadas de App “Mi Ubicación ”	Validez de Coordenadas
1	Latitud:-1.985574 Longitud:-80.76099	Latitud:-1.985572 Longitud:-80.76097	VÁLIDO
2	Latitud:-1.9799898 Longitud:-80.7552490	Latitud:-1.9799896 Longitud:-80.7552488	VÁLIDO
3	Latitud:-2.22640 Longitud:-80.86706	Latitud:-2.22640 Longitud: -80.86706	VÁLIDO
4	Latitud:-2.22636 Longitud:-80.86707	Latitud:-2.22636 Longitud: -80.86707	VÁLIDO
5	Latitud:-2.2338524 Longitud:-80.87896	Latitud:-2.233815 Longitud: -80.87781	NO VÁLIDO
6	Latitud:-1.9855900 Longitud:-81.86092	Latitud:- 1.9855900 Longitud:- 81.86092	VÁLIDO
7	Latitud:-1.974563 Longitud:-80.65087	Latitud:- 1.974563 Longitud:- 80.65087	VÁLIDO
8	Latitud:-1.985574 Longitud:-75.58527	Latitud:- 1.985574 Longitud:- 75.58527	VÁLIDO
9	Latitud:-2.32566 Longitud:-80.86707	Latitud:- 2.32566 Longitud: -80.86707	VÁLIDO
10	Latitud:-2.2456771 Longitud:-80.8655	Latitud: -2.2456632 Longitud:-80.8648	NO VÁLIDO
11	Latitud:-2.2256138 Longitud:-80.8669	Latitud: -2.2256138 Longitud:-80.8669	VÁLIDO
12	Latitud:-2.2311037 Longitud:-80.87166	Latitud: -2.2311037 Longitud: -80.87166	VÁLIDO
13	Latitud:-2.2311585 Longitud:-80.87278	Latitud: -2.2311585 Longitud: -80.87278	VÁLIDO
14	Latitud:-2.22636 Longitud:-80.86707	Latitud:-2.22636 Longitud: -80.86707	VÁLIDO
15	Latitud:-2.2318308 Longitud:-80.87333	Latitud:-2.2318308 Longitud:-80.87333	VÁLIDO

Tabla.15: Tabla 1 de Validez de Coordenadas de GPS Ublox

Fuente: Elaborado por el Autor

Prueba	Coordenadas de GPS Ublox Neo 6	Coordenadas de App "Mi Ubicación "	Validez de Coordenadas
16	Latitud:-2.2326295 Longitud:-80.87446	Latitud:-2.2326295 Longitud:-80.87446	VÁLIDO
17	Latitud:-2.2321484 Longitud:-80.87395	Latitud:-2.2321484 Longitud:-80.87395	VÁLIDO
18	Latitud:-2.233662 Longitud:-80.874664	Latitud:-2.233608 Longitud:-80.874456	NO VÁLIDO
19	Latitud:-2.2348087 Longitud:-80.87512	Latitud:-2.2348087 Longitud:-80.87512	VÁLIDO
20	Latitud:-2.2269864 Longitud:-80.86709	Latitud:-2.2269666 Longitud:-80.86701	NO VÁLIDO
21	Latitud:-2.226958 Longitud:-80.86607	Latitud:-2.226958 Longitud:-80.86607	VÁLIDO
22	Latitud:-2.2257288 Longitud:-80.86175	Latitud:-2.2257288 Longitud:-80.86175	VÁLIDO
23	Latitud:-2.2324574 Longitud:-80.87662	Latitud:-2.2324574 Longitud:-80.87662	VÁLIDO
24	Latitud:-2.2328587 Longitud:-80.87784	Latitud:-2.2328587 Longitud:-80.87784	VÁLIDO

Tabla.16: Tabla 2 de Validez de Coordenadas de GPS Ublox

Fuente: Elaborado por el Autor

En base a estas pruebas de recolección de coordenadas se determinó el porcentaje de validez, aplicando la siguiente ecuación (12) para el cálculo de la eficiencia de las coordenadas del GPS Ublox Neo 6.

Porcentaje de Eficiencia de Validez de Coordenadas.

$$\text{Porcentaje de Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad de Aciertos}}{\text{Cantidad de Pruebas}} \times 100\% \quad (12)$$

$$\text{Porcentaje de Eficiencia} = \frac{21}{24} \times 100\% \quad (12)$$

$$\text{Porcentaje de Eficiencia} = 87,5\% \quad (12)$$

En las tres pruebas se presentó una diferencia de milésimas entre las coordenadas que se mostraban el GPS Ublox Neo y la App "Mi Ubicación" en la misma ubicación geográfica, mientras que en el resto de pruebas las coordenadas fueron

exactamente iguales, por lo cual en base a la fórmula de eficiencia se obtuvo un de 87,5 % de validez.

Luego se trabajó con el módulo Bluetooth, diseñando código para el firmware para que se puedan visualizar los datos en la aplicación de Android además de que sea capaz de enviar caracteres para visualizar una trama de datos en tiempo real y otra trama de almacenamiento de datos. Se utilizó puertos analógicos para el sensor de temperatura que muestra los valores en grados Centígrados y Fahrenheit y otro para tener el valor de voltaje del ultracapacitor en la trama de datos.

Para comprobar la validez de la temperatura captada por el Sensor LM35 se comparaban los valores del sensor con los valores de temperatura ambiente captadas con un termómetro digital, y estos valores mostraban una diferencia de décimas en los grados Celsius, por lo cual se estima una validez del 82 % en los datos de temperatura.

Para realizar el código del firmware en la parte de uso del módulo Sdcard primero se comprobó almacenando los datos simples, y por último se realizó la codificación de almacenamiento de todos los datos que iban a ser almacenados. Al retirar la Sdcard del módulo y colocarla en el lector de memorias de una PC, se puede leer la información de todos los datos almacenados en archivo de bloc de notas.

En la Fig.73 se observa la primera prueba de todos los elementos conectados en un prothoboard, como se aprecia en el multímetro el valor de salida del convertidor DC –DC es de 11,96V, valor de voltaje suficiente para alimentar a todo el sistema electrónico, y en el dispositivo Android se observa que se está recibiendo la trama de datos, cabe recalcar que por cada vez que se solicitaba desde el dispositivo Android una trama de datos, en el ultracapacitor se producía una descarga.

Para realizar el recipiente hermético, se realizaron cálculos matemáticos basados en las fórmulas de volumen sumergido, densidad y pesos de los materiales, este proceso ya ha sido descrito en el documento en la sección de diseño del hardware.

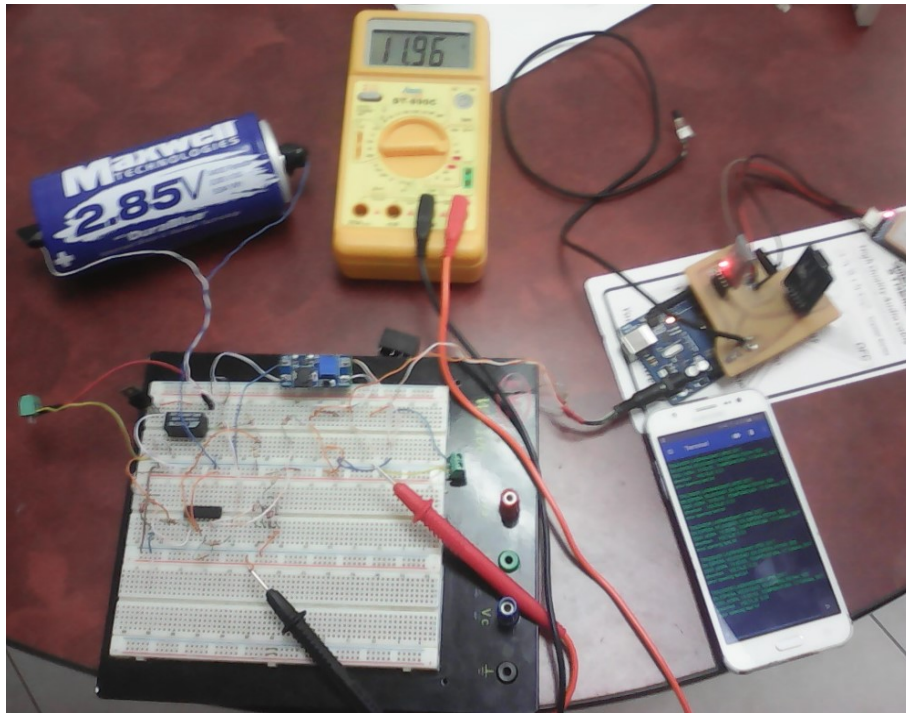


Fig.73: Prueba de todos los elementos

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez que se obtuvo las dimensiones del recipiente hermético se procedió a adquirir los materiales de PVC y a fabricar los soportes en impresora 3D de las placas y sensores. Antes de realizar las pruebas en el mar, primero se realizaron dos pruebas de hermeticidad en la piscina de la UPSE, luego de que el trazador superara estas pruebas el diseño estaba listo para ser utilizado en su área de operatividad que es el mar.

2.7.2 PRUEBAS EN EL PERFIL COSTERO (AYANGUE)

Antes de realizar la prueba se procedió a inspeccionar el trazador en el laboratorio para cerciorarse de que el dispositivo este en óptimas condiciones, y sellarlo herméticamente aplicando unas vueltas de teflón como medida preventiva para la inmersión. Para realizar las respectivas pruebas de validación del trazador lagrangiano se trasladó el dispositivo a la comuna de Ayangue ubicada a 53 km de

Salinas vía terrestre, en la ruta del Spondylus de la Provincia de Santa Elena, la logística corrió por cuenta de los tutores y desarrolladores de este proyecto y en la comuna de Ayangue se alquiló una embarcación para poder realizar las pruebas de validación del trazador. Se escogió la comuna Ayangue por que las aguas de este perfil costero por lo general son cálidas y se encuentra rodeada de dos riscos que cubren aproximadamente la primera milla.

Las pruebas de validación del proyecto se realizaron en dos días, el primer día la prueba se llevó a cabo en las horas de la mañana, en el cual el clima se presentó nublado, con ligera llovizna, temperatura de 30°C aproximadamente y aguas picadas. La embarcación se adentró a 1,5 millas de la playa a la salida de los riscos que rodea las aguas de Ayangue, en la (Fig.74) se puede apreciar el punto azul, que indica el lugar exacto en donde se puso a operar el trazador lagrangiano.

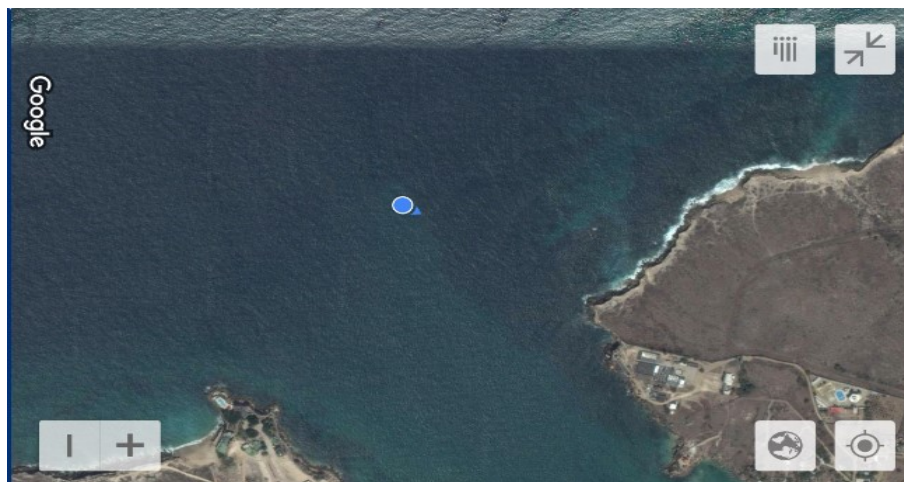


Fig.74: Perfil Costero de la Comuna Ayangue

Fuente: Elaborado por el Autor

Para esta prueba se utilizó una batería de 12 V, que alimentaba al sistema electrónico y que le brindaba energía suficiente para realizar la operación durante unos 15 minutos aproximadamente. En el lugar se procedió a alistar el trazador lagrangiano para que realice las respectivas operaciones, en primer lugar se le colocó el interruptor magnético (Fig.75) para que encienda todo el sistema

electrónico, el sistema electrónico tenía un diodo led ubicado en la parte superior de la tapa del trazador, que estaba conectado directamente a la entrada del arduino, de modo que se encendía cada vez que se colocaba el interruptor magnético, de esta forma se podía observar desde la embarcación que el trazador estaba realizando la derivación. Luego se procedió a enganchar al trazador con el dispositivo Android mediante el bluetooth del trazador, para luego ser enganchado con la App Serial Bluetooth Terminal. Una vez que estaba comprobada la conexión, se procedió a arrojar el trazador al agua. También se arrojó una veleta de construcción artesanal durante esta prueba (Fig.76), derivando a la par con el proyecto trazador para de esta forma observar el comportamiento de ambos dispositivos durante el tiempo de operación en el mar.



Fig.75: Activación del Sistema electrónico

Fuente: Elaborado por el Autor



Fig.76: Trazador Lagrangiano y Veleta

Fuente: Elaborado por el Autor

2.8 RESULTADOS

Mientras el trazador se encontraba en la embarcación se realizó el enganche con el dispositivo Android (Fig.77), y luego se procedió a la activación de la App Serial Bluetooth Terminal, tarea que se realizó con éxito.

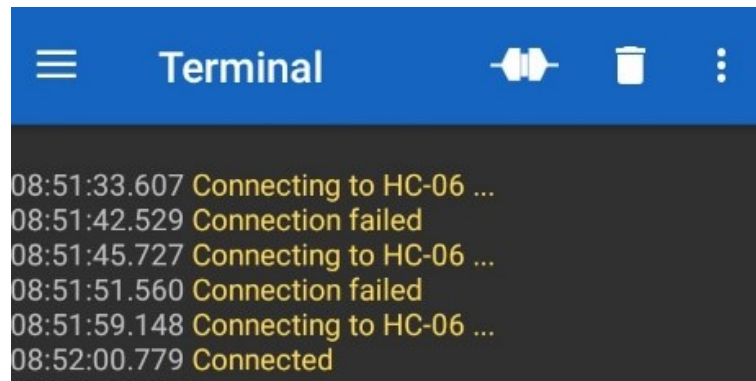


Fig.77: Enganche entre el TL y la App

Fuente: Elaborado por el Autor

En el hiperterminal de la aplicación en el dispositivo Android se ingresó el carácter “a” (Fig.78) para obtener la primera trama de datos, la cual mostraba la posición y datos de temperatura del lugar de operación.

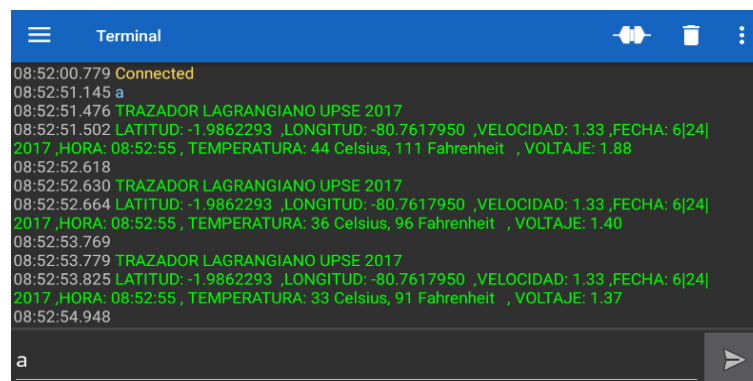


Fig.78: Ingreso de carácter “a”

Fuente: Elaborado por el Autor

Cuando el trazador lagrangiano se encontraba en el agua, aproximadamente a unos 10 metros de la embarcación, seguía transmitiendo datos hacia la App, pero

comenzó a mostrar un error con la Sdcard (Fig.79), que fue provocado por el agitación de las aguas y causó que en su interior se produzca un contacto frío con la PCB.



```
Terminal
08:58:43.545 LATITUD: -1.9860806 ,LONGITUD: -80.7616348 ,VELOCIDAD: 3.69 ,FECHA: 6|24|
2017 ,HORA: 08:58:45 , TEMPERATURA: 36 Celsius, 96 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.50
08:58:43.592 error opening test.txt
08:58:43.622
08:58:43.622 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
08:58:43.652 LATITUD: -1.9860806 ,LONGITUD: -80.7616348 ,VELOCIDAD: 3.69 ,FECHA: 6|24|
2017 ,HORA: 08:58:45 , TEMPERATURA: 37 Celsius, 98 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.52
08:58:44.678 error opening test.txt
```

Fig.79: Error con la Sdcard

Fuente: Elaborado por el Autor

Después de recoger el trazador lagrangiano de las aguas, el dispositivo se reestableció, enviando nuevamente una trama completa de datos sin mostrar error en la Sdcard, tal y como se ve en la Fig.80.



```
Terminal
2017 ,HORA: 09:31:59 , TEMPERATURA: 30 Celsius, 86 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.28
09:32:04.254
09:32:04.258 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
09:32:04.308 LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6|24|
2017 ,HORA: 09:31:59 , TEMPERATURA: 31 Celsius, 87 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.29
09:32:05.400
09:32:05.410 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
09:32:05.467 LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6|24|
2017 ,HORA: 09:31:59 , TEMPERATURA: 30 Celsius, 86 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.22
09:32:06.562
09:32:06.566 TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
09:32:06.611 LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6|24|
2017 ,HORA: 09:31:59 , TEMPERATURA: 29 Celsius, 84 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.21
09:32:07.715
a
```

Fig.80: Trama de datos reestablecida

Fuente: Elaborado por el Autor

En la App “Mi ubicación” instalada en el dispositivo Android se ingresaron las coordenadas para poder observar en un mapa la ubicación (Fig.81). De ahí la App mostraba en un mapa satelital la ubicación actual del dispositivo indicada mediante un punto azul (Fig.82)

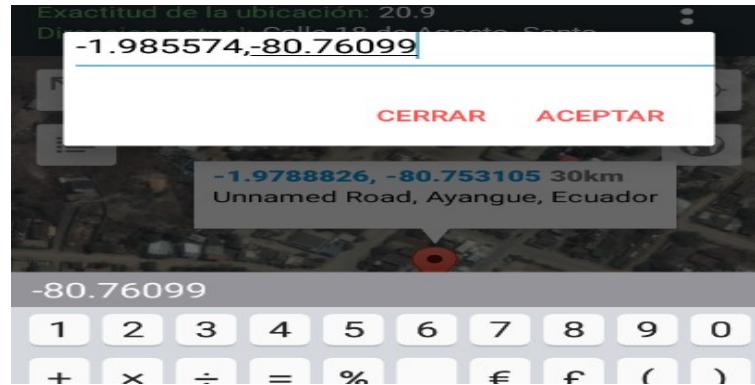


Fig.81 Ingresar coordenadas

Fuente: Elaborado por el Autor

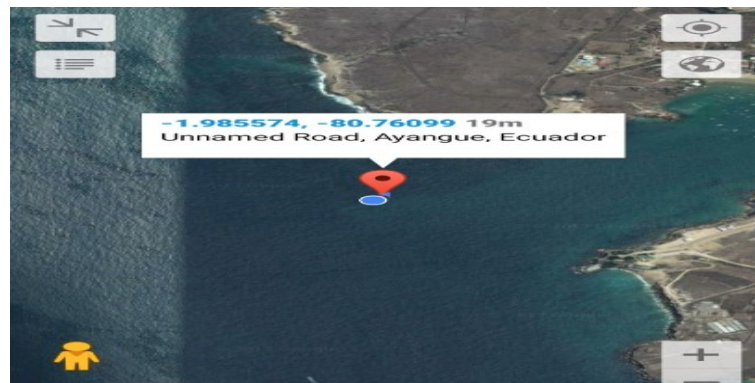


Fig.82 Ubicación Actual en el mapa

Fuente: Elaborado por el Autor

Segunda Prueba

Esta prueba se realizó en horas de la tarde y se trasladó el dispositivo a 1,5 millas de la playa de Ayangue (Fig.83), en el cual esta vez el clima se presentó despejado, soleado, y aguas picadas. Al trazador lagrangiano se le incorporó el panel solar, el ultracapacitor de 2,8V, el convertidor DC-DC y la PCB de alimentación. Primero se procedió a encender el dispositivo para luego arrojarlo al agua. El trazador lagrangiano estuvo alrededor de 10 minutos en su área de operación, tiempo en el cual el dispositivo no se pudo enganchar con el dispositivo Android. Por ende no se pudo registrar ninguna trama de datos. Voltaje del capacitor salió con 2.85V regreso con 2.80 V, tiempo que el capacitor puede trabajar sin luz solar son 2 horas, con sol trabaja todo el día.



Fig.83: Trazador Lagrangiano puesto en el mar

Fuente: Elaborado por el Autor

Mediante los análisis en los data sheet del convertidor DC-DC MT3608 mostrados en el ANEXO 5, se determinó que el convertidor no abastecía al sistema de alimentación, debido a que el fabricante ofrecía un módulo convertidor DC-DC de mejores características al que entregaban. En este módulo se produce una saturación de corriente en el inductor, debido a que el consumo total de corriente de los sensores y el Arduino Mega mostrado en la Tabla.2 es de 373,06 mA, y este módulo no trabaja a más de 250 mA, por lo que la opción sería reemplazar la bobina (Fig.84) por un toroide que tenga una baja pérdida de núcleo. Situación que abarca la modificación de los elementos que conforman este módulo convertidor DC-DC, debido a que si se altera el tipo de bobina, también se alterarían los valores de las resistencias, transistores, capacitores, y el chip de voltaje LTC. Prácticamente se estaría hablando de un estudio para la fabricación de un nuevo convertidor DC-DC.

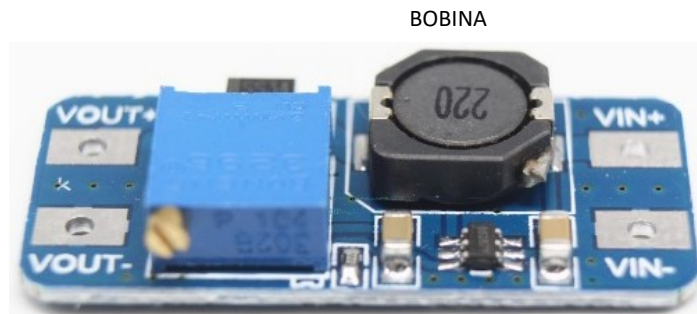


Fig.84: Bobina del Convertidor DC-DC

Fuente: Elaborado por el Autor

La gráfica de las características típicas de operación muestran la eficiencia (Fig.85) con un voltaje de entrada de 5V y en este voltaje la eficiencia es de alrededor del 90%, esta eficiencia es baja en estos tipos de módulos debido a que se necesitaría un 95% para que la eficiencia sea confiable. Si el fabricante realiza un análisis a partir de 5V, se sobreentiende que a partir de ese voltaje en adelante el rendimiento del convertidor va a mejorar hasta cierto voltaje, mientras que en bajos voltajes de entrada el rendimiento del convertidor será inestable, tal como se demostró en las pruebas con el trazador lagrangiano.

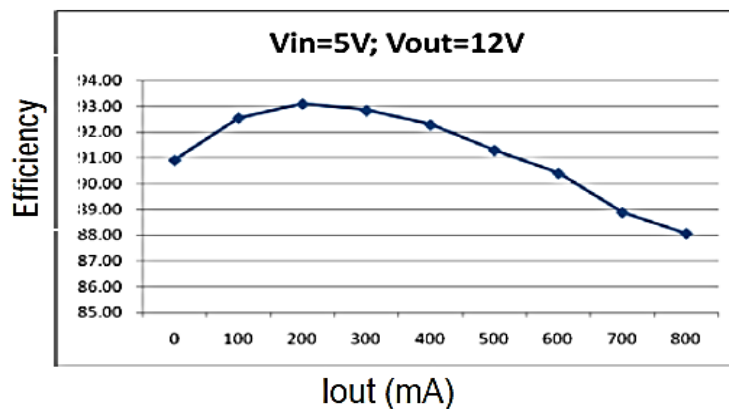


Fig.85: Curva de Eficiencia

Fuente: Elaborado por el Autor

En lo que respecta a los resultados de las pruebas con el ultracapacitor se elaboró la tabla.17, la cual muestra los tiempos de la carga y descarga del ultracapacitor en los diferentes estados del clima. Al inicio de las pruebas el ultracapacitor se encontraba sin voltaje, por lo cual se procedió a alimentarlo hasta que llegue al límite de su voltaje, este proceso se realizó en aproximadamente 14 horas.

Por motivos de racionalización de energía el ultracapacitor no deberá descargarse a voltajes menores de 1,8V, a partir de este voltaje se realiza la histéresis ya descrita en la sección de detalles del sistema de alimentación del ultracapacitor, por lo que se estima que la carga del ultracapacitor entre los 1,8V y los 2,8 V van a tardar un tiempo aproximado de 4 horas en cargar en el caso de que el clima se presente soleado, y se tardara un tiempo de 7 horas en cargar hasta los 2,8 V en el caso de que el clima se encuentre nublado.

En el laboratorio se realizó la prueba durante la noche, en el cual el sistema de alimentación no recibirá energía de carga, por lo cual el ultracapacitor abastecerá al sistema de alimentación por un tiempo aproximado de 3 horas.

Voltaje	Estado	Clima	Tiempo
0V – 2,8V	Carga	Soleado	14horas
1,8V- 2,8V	Carga	Soleado	4horas
1,8V – 2,8V	Carga	Nublado	7horas
2,8V - 1,8V	Descarga	Noche	3horas

Tabla.17: Valores de carga y descarga del ultracapacitor

Fuente: Elaborado por el Autor

2.8.1 TRAYECTORIA DEL TRAZADOR LAGRANGIANO

Para obtener la trayectoria del trazador se utilizó el método de Lagrange, el cual consiste en el seguimiento de un objeto que realiza su desplazamiento con la corriente del lugar de operación. (INOCAR, 1992). En la Fig.86 se muestra las coordenadas de latitud y longitud del lugar en el que estuvo el trazador lagrangiano.

En la Fig.87 se muestra la trayectoria de la veleta superficial y del trazador lagrangiano, ambos derivadores fueron puestos en operatividad al mismo tiempo.

La línea segmentada corresponde al desplazamiento de la veleta superficial la cual se inicio con dirección al Sur, luego realizó un giro en dirección al Noroeste en el cual avanzó durante un tiempo aproximado de 5 minutos, y por último tomo un curso al Norte.

La línea continua que se indica en la Fig.87 pertenece a la ruta que siguió el trazador Lagrangiano realizando una ruta similar a la de la veleta, pero con el detalle de que el trazador se abrió más en dirección al Sur, y no se adentró tanto al Noroeste antes de cambiar de rumbo hacia el Norte.



Fig.86: Coordenadas donde estuvo el T.L.
 Fuente: Elaborado por el Autor

La trayectoria de la veleta se la marco en base a observaciones del video de fuente en YouTube: <https://youtu.be/08HFkMSM4ro>



Fig.87: Trayectoria del T.L y de la Veleta Superficie
 Fuente: Elaborado por el Autor

OBSERVACIONES

La conexión inalámbrica del dispositivo Android con el trazador Lagrangiano cubre un área de 15 metros a la redonda aproximadamente, permitiendo realizar el monitoreo de la ruta que entregaba el dispositivo desde la embarcación. En la App “Terminal” se recibe la trama de datos y con esta información se puede ingresar a la App “MI Ubicación” para obtener la ubicación en un mapa satelital en el dispositivo Android. Mediante el registro de datos se procede a realizar el análisis de corrientes marinas en el sector y también a realizar las gráficas de desplazamiento de los derivadores.

El clima juega un papel muy importante en las actividades marítimas, por lo que se decidió realizar una prueba en horas de la mañana en que se presentaba un clima frío, ligera llovizna y aguas agitadas para tener un registro del comportamiento del trazador lagrangiano en este tipo de climas. En este caso la agitación del agua provocó que se presenten puntos fríos en las PCB de los sensores (Shield), esto induce que se presente un error en la Sdcard al tratar de ingresar desde el dispositivo Android para la revisión de tramas almacenadas, por lo que fue necesario esperar a que el sistema electrónico se reestablezca para que pueda continuar con la transmisión y recepción de la trama de datos.

La alimentación del sistema electrónico del trazador Lagrangiano es fundamental para que cumpla las funciones de transmisión y recepción de la trama de datos. Mientras el sistema electrónico se encontraba alimentado con la batería de 12V, el trazador lagrangiano operó conforme a lo esperado durante la primera prueba. Mientras se mantenía un voltaje mayor a 8V, el sistema electrónico se encontraba alimentado, pero al bajar este valor, el voltaje ya no era suficiente para abastecer a todo el sistema, primero se apagaban los sensores, y a partir de ahí ya no se podía receptar trama de datos, por último se apagaba el arduino que consumía lo que restaba del voltaje en la batería.

El recipiente hermético desarrollado para el trazador lagrangiano fue totalmente

confiable, a pesar de que la prueba se realizó con aguas picadas no recibió filtración de agua, la cavidad interna y el sistema electrónico estaban sin señal de que habían recibido gota de agua.

La flotabilidad del dispositivo estuvo favorable, debido a que mantenían el cabezal del trazador sobre la superficie del mar, a pesar de la agitación que se presentó en las aguas durante las pruebas el trazador nunca tuvo una inmersión total en el agua.

Durante la segunda prueba, el sistema de carga llenaba de energía al ultracapacitor, pero al tratar de entregar energía para alimentar al sistema electrónico el convertidor DC-DC presentaba fallas, de tal forma que el sistema electrónico funcionaba en su totalidad durante un periodo mínimo de tiempo, lapso en el cual no se lograba recibir una trama de datos, ya que por cada vez que se pedía una trama el ultracapacitor se descargaba más. Por lo que se concluyó que el convertidor DC-DC de bajo coste tiene sus serias limitaciones de fábrica que afectaron a las funciones al trazador lagrangiano. A pesar de este inconveniente el dispositivo está listo para operar con el uso de una batería

CONCLUSIONES

Se decodificó la trama NMEA 0183 del GPS mediante el firmware desarrollado accediendo a la información de posición geográfica.

El firmware desarrollado genera tramas de datos de posición geográfica, temperatura interna y voltaje del ultracapacitor para posteriormente almacenarlas en un espacio de memoria SD hasta 16 GB.

El firmware desarrollado facilitó la comunicación inalámbrica entre el trazador y un dispositivo móvil ubicado a bordo de una embarcación. Según los resultados experimentales se efectuó un enlace de 12 metros a la redonda entre dispositivos teniendo presente que estaban operando en el mar.

El diseño de la fuente de poder conformada por un panel solar, un ultracapacitor y el circuito de control permitió que el voltaje del ultracapacitor se mantenga entre 1.8 V y 2.85 V DC necesario para la normal operación del sistema electrónico del trazador.

El diseño y la elaboración de la PCB periférica adaptada al Arduino brinda estabilidad mecánica y conexión eléctrica al GPS, Bluetooth, grabador SD card y sensor de temperatura según las pruebas experimentales ejecutadas con el trazador operando en el mar.

En el convertidor utilizado en las pruebas del trazador se produjo una saturación de corriente en el toroide del dispositivo, esta no permitía abastecer de energía a todo el sistema electrónico del trazador. Se encontró experimentalmente que la saturación de corriente del toroide se produce debido a la diferencia de frecuencias de trabajo entre el toroide y el circuito integrado conmutador del convertidor DC-DC en voltajes inferiores a 3 V. El convertidor utilizado en este proyecto abasteció parcialmente de energía al sistema electrónico del trazador y se determinó que la inductancia del toroide debe ser mayor.

El trazador lagrangiano tiene la suficiente hermeticidad para una operación segura en la superficie del mar. Esto se logró por el diseño mecánico de la tapa del trazador que facilita la correcta expansión de las juntas tóricas, indispensable para evitar daños sobre el sistema electrónico debido a filtraciones de agua de mar.

RECOMENDACIONES

Como futuro trabajo se requiere desarrollar una App compatible con Android que permita visualizar la ruta del trazador mientras se encuentra en el mar para evitar los contratiempos de copiar y pegar las coordenadas de latitud y longitud entre diferentes aplicaciones.

Evitar una conexión directa entre el ultracapacitor y el panel solar, dado que se podría exceder su capacidad de voltaje y producir una falla catastrófica del dispositivo. Utilizar siempre el circuito de carga y descarga descrito en este trabajo.

Evitar impactos mecánicos fuertes contra la embarcación durante las maniobras de arriado e izado del trazador. Se recomienda utilizar un material con un grosor de pared mayor a 3 mm.

Se recomienda diseñar un convertidor DC-DC optimizado para trabajar en la zona no lineal del elemento conmutador principal, entre 1.5 y 3 voltios (Ver anexo 5, Fig. 105), con el propósito de mejorar el desempeño de la fuente de poder del trazador.

BIBLIOGRAFIA

A., H., & Chacón D., P. (2009). Desarrollo de un prototipo de derivador basado en gps. Guayaquil.

AEROSEMI. (2012). MT3608 Step Up Converter. Obtenido de <http://www.datasheetspdf.com/datasheet/search.php?sWord=MT3608>

Aldo, V. (2014). Principio de Arquimides, Ecuaciones de Continuidad y Bernoulli. Obtenido de http://www.astro.puc.cl/~avalcarc/FIS109C/17_CuerposFlotantes.pdf

Biendicho, F. (2015). Comunicación Bluetooth entre Arduino y Android aplicado a un detector de mentiras. Valencia.

Boylestad, R. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. México: D.F.Pearson.

Carlos, V. (2014). Análisis, modelamiento y gestión de una red eléctrica usando paneles fotovoltaicos. Cuenca.

Davis, L. (1998). Micro SD Card Description and Pin Out. Obtenido de http://www.interfacebus.com/MicroSD_Card_Pinout.html

Desarrollo, P. d. (2002). Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central, Manuales sobre energía renovable solar fotovoltaica. San José-Costa Rica: BUN-CA.

Evans, B. W. (2007). Programming Manual. Arduino Notebook, 1-70.

Fonseca, S. N.-T. (1981). Corrientes Costeras: Manual De Mediciones y Analisis. Obtenido de http://www.lajar.cl/pdf/imar-issues/1979/VOL_7-SP.pdf

Hayt, W. (2007). Análisis de Circuitos en Ingeniería. California: Mc Graw Hill.

HC, G. (2011). HC-06 Product Data Sheet. Obtenido de <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>

Hubor. (2015). Que es Proteus. Obtenido de <http://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>

INOCAR. (1992). Estudio de la Circulación Costera Frente al Puerto de La Libertad. La Libertad: Instituto Oceanográfico de la Armada.

Intruments, T. (2016). Precision Centigrade Temperature Sensors. Obtenido de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

Kay, M. (2017). Serial Bluetooth Terminal. Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal&hl=es

Khibit, N. (2012). Caracterización y modelado de ultracondensadores. Obtenido de <http://studylib.es/doc/85740/caracterizaci%C3%B3n-y-modelado-de-condensadores>

Lifshitz, L. L. (1982). Curso Abreviado de Fisica Teorica Libro 1 Mecánica y Electrodinamica. Moscú: MIR Moscú.

Manuel, I. (2014). Celda Solar 6V, 3W. Obtenido de <http://rambal.com/energia-solar-baterias/368-celda-solar-3w-6-volt-500ma.html>

Marte, P. (2010). Recolección de energía, el uso de una célula solar y un pequeño supercapacitor en un sensor inalámbrico. Sydney-Australia.

Maxwell. (2003). 10 primeras razones de utilización de ultracondensadores. Enabling Energy's Future, 10.

NEO-6. (2010). GPS Modules. Obtenido de <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>

Riazor, R. (2009). cinergia.coop. Obtenido de http://www.cinergia.coop/sites/default/files/2009_03_aei_2009_ultracaps_j_rafecas_0.pdf

SATLINK. (2014). Solar Powered Buoys. Obtenido de http://www.satcomms.com.au/files/equipment/51_Satlink%20ELB3010%20buoy.pdf

SATLINK. (2014). Sustainable tuna fishing. Obtenido de http://www.satcomms.com.au/files/equipment/51_Satlink%20ELB3010%20buoy.pdf

Tenorio César, V. N. (2010). Estudio, dimensionamiento y aplicaciones para el uso de ultracapacitores. Quito.

U.F.M.R. (22 de Febrero de 2011). Manual de usuario de la tarjeta Arduino Mega. Obtenido de <http://tecnoarduinamegaurdistrital.blogspot.com/>.

Viñas, L. P. (1999). Circuitos y Dispositivos electronicos, Fundamentos electrónicos. Barcelona, España: Romanya-Valls.

ANEXOS

ANEXO 1

IMPRESORA 3D PRUSA i3 y DISEÑOS DE PIEZAS DEL TL EN FReeCAD

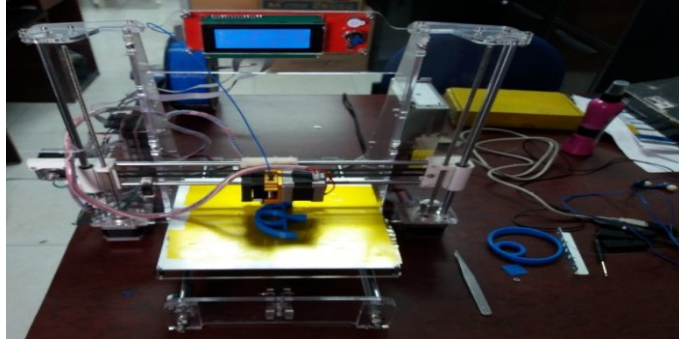


Fig.88: Impresora 3D PRUSA i3

Fuente: Elaborado por el Autor

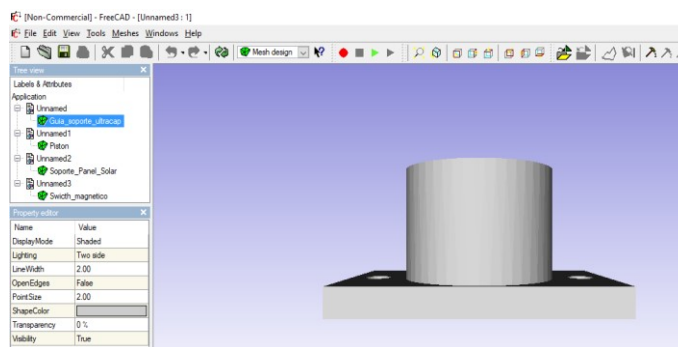


Fig.89: Diseño en FreeCAD del soporte de interruptor magnético.

Fuente: Elaborado por el Autor

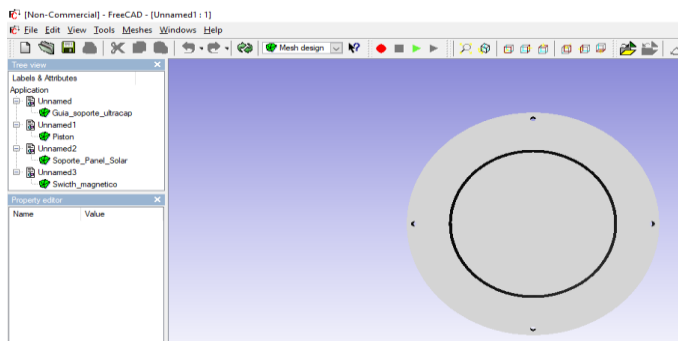


Fig.90: Diseño en FreeCAD de la tapa superior del recipiente hermético.

Fuente: Elaborado por el Autor

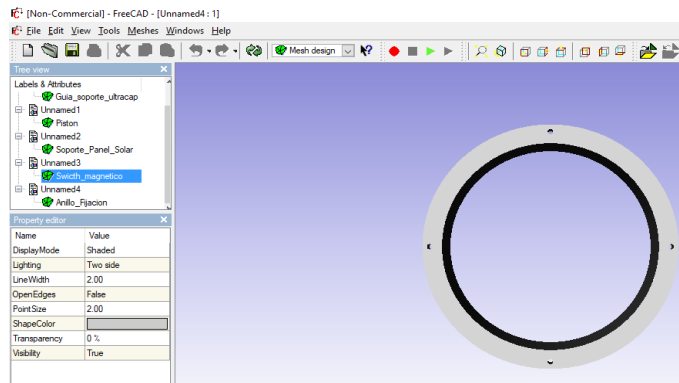


Fig.91: Diseño en FreeCAD del anillo de fijación del recipiente hermético.

Fuente: Elaborado por el Autor

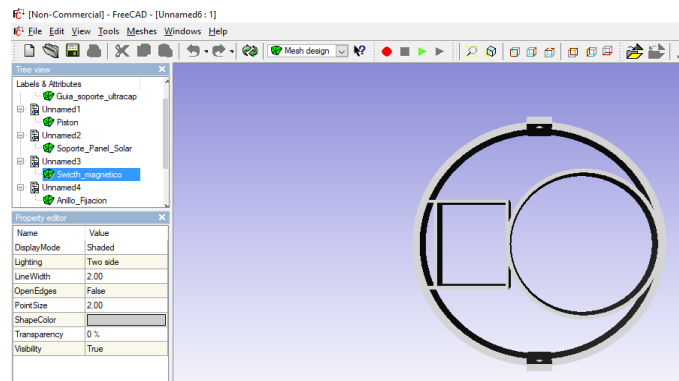


Fig.92: Diseño en FreeCAD del soporte del ultracapacitor.

Fuente: Elaborado por el Autor

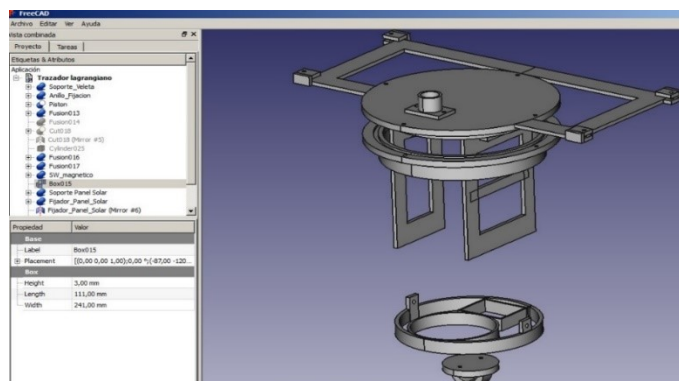


Fig.93: Diseño en FreeCAD de los soportes del sistema electrónico del trazador lagrangiano.

Fuente: Elaborado por el Autor

ANEXO 2

CARACTERISTICAS Y DIAGRAMAS DE BLUETOOTH HC-06

DRAWN BY :	Ling Xin		MODEL : HC-06	
CHECKED BY :	Eric Huang		Description:: BC04 has external 8M Flash and EDR module HC-06 is industrial, and compatible with civil HC-04	
APPD. BY:	Simon Mok		REV: 2.0	Page :
Former version introduction	HC-06 is the higher version of LV_BC_2.0. Linvor is the former of wavesen.			

Tabla.18: DataSheet Bluetooth HC-06

Fuente: (Kay, 2017)

- **Wireless transceiver**
 - Sensitivity (Bit error rate) can reach -80dBm.
 - The change range of output's power: -4 - +6dBm.
- **Function description (perfect Bluetooth solution)**
 - Has an EDR module; and the change range of modulation depth: 2Mbps - 3Mbps.
 - Has a build-in 2.4GHz antenna; user needn't test antenna.
 - Has the external 8Mbit FLASH
 - Can work at the low voltage (3.1V~4.2V). The current in pairing is in the range of 30~40mA. The current in communication is 8mA.
 - Standard HCI Port (UART or USB)
 - USB Protocol: Full Speed USB1.1, Compliant With 2.0
 - This module can be used in the SMD.
 - It's made through RoHS process.
 - The board PIN is half hole size.
 - Has a 2.4GHz digital wireless transceiver.
 - Bases at CSR BC04 Bluetooth technology.
 - Has the function of adaptive frequency hopping.
 - Small (27mm×13mm×2mm)
 - Peripherals circuit is simple.
 - It's at the Bluetooth class 2 power level.
 - Storage temperature range: -40 °C - 85°C, work temperature range: -25 °C - +75°C
 - Any wave inter Interference: 2.4MHz, the power of emitting: 3 dBm.
 - Bit error rate: 0. Only the signal decays at the transmission link, bit error may be produced. For example, when RS232 or TTL is being processed, some signals may decay.
- **Low power consumption**
- **Has high-performance wireless transceiver system**
- **Low Cost**

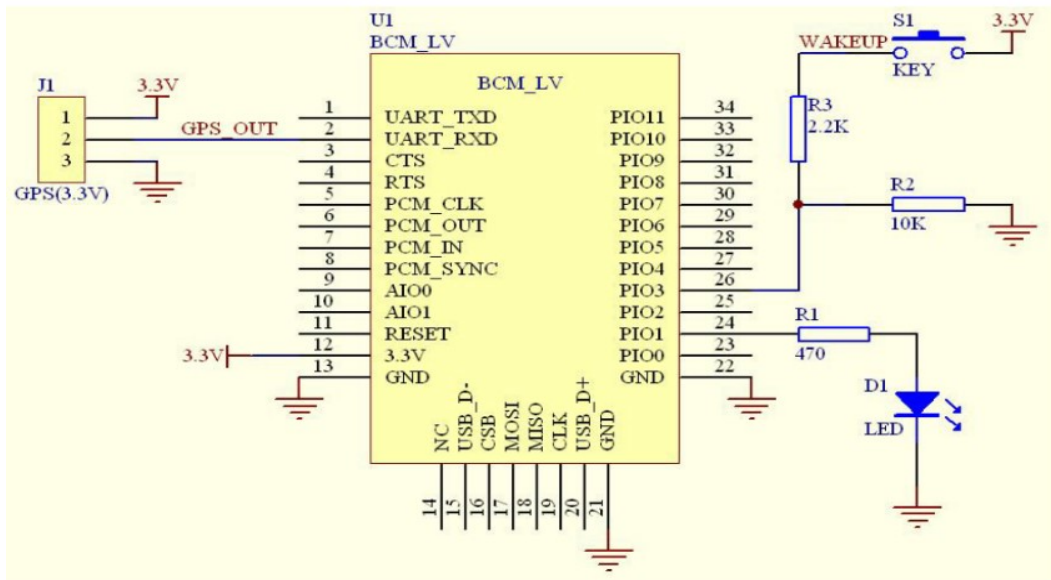


Fig.94: Diagram 1 HC-06

Fuente: (Kay, 2017)

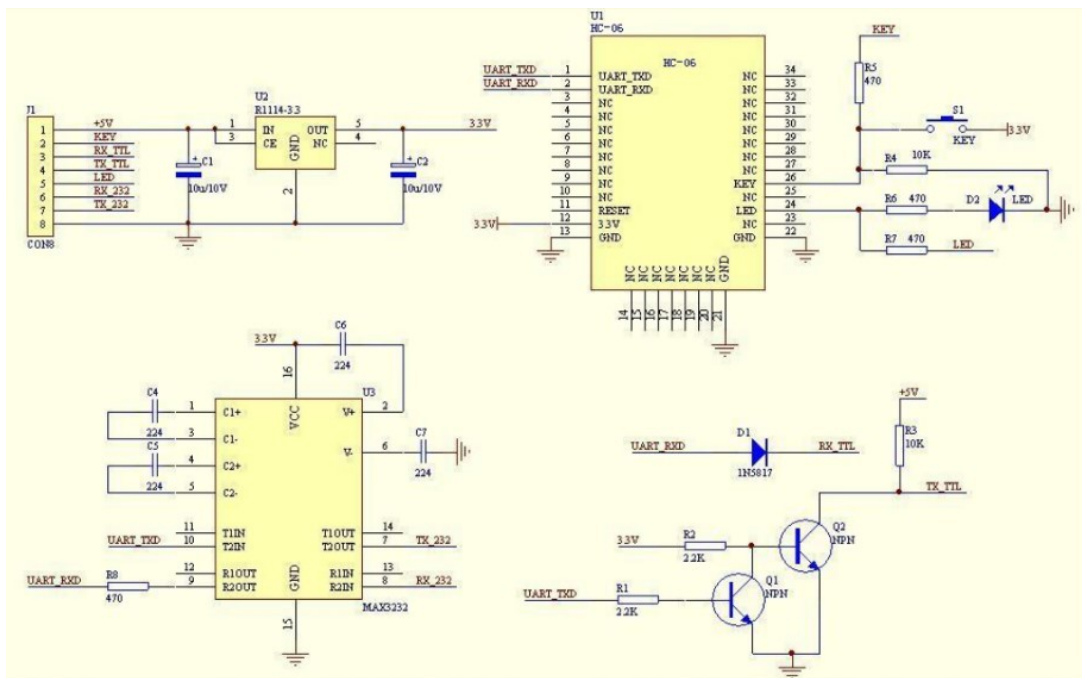


Fig.95: Diagram 2 HC-06

Fuente: (Kay, 2017)

ANEXO 3

DATASHEET DE GPS UBLOX NEO-6

Funcional Description

The NEO-6 module series is a family of stand-alone GPS receivers featuring the high performance u-blox 6 positioning engine. These flexible and cost effective receivers offer numerous connectivity options in a miniature 16 x 12.2 x 2.4 mm package. Their compact architecture and power and memory options make NEO-6 modules ideal for battery operated mobile devices with very strict cost and space constraints.

The 50-channel u-blox 6 positioning engine boasts a Time-To-First-Fix (TTFF) of under 1 second. The dedicated acquisition engine, with 2 million correlators, is capable of massive parallel time/frequency space searches, enabling it to find satellites instantly. Innovative design and technology suppresses jamming sources and mitigates multipath effects, giving NEO-6 GPS receivers excellent navigation performance even in the most challenging environments.

Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6G/Q/T	NEO-6M/V	NEO-6P
	Cold Start ²	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ²	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ²	1 s	1 s	1 s
	Aided Starts ³	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁴		NEO-6G/Q/T	NEO-6M/V	NEO-6P
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Reacquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6G/Q/M/T	NEO-6P/V	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁶	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6G/Q/M/P/V	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 MHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity	21 ns		
	Compensated ⁹	15 ns		
Velocity accuracy ⁶		0.1m/s		
Heading accuracy ⁶		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	≤ 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹⁰	500 m/s		

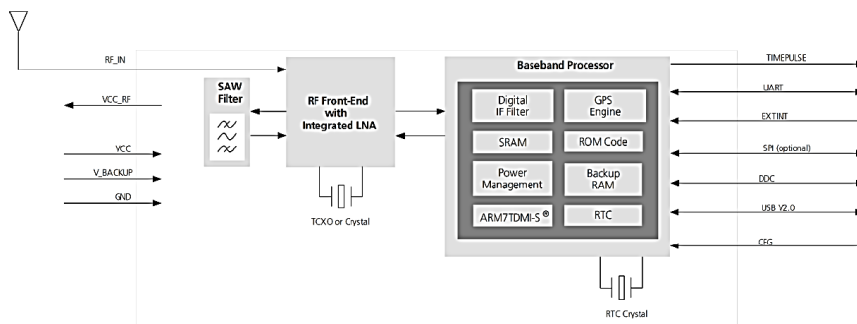


Fig.96: Block Diagram GPS UBLOX NEO-6

Fuente: (NEO-6, 2010)

4.1 MICROSD CARD DESCRIPTION AND PIN OUT

The **microSD** Card is a type of Removable NAND-type small flash memory card format which was introduced in 2003. microSD measures 11mm x 15mm and is 1mm thick. Two pinout tables are provided for microSD below; one table provides the pin out for SD Mode, and one table shows the SPI mode.

Pin Number	Pin name	Signal Function
1	NC	No Connect
2	/CS	Chip Select
3	DI	Master Out/Slave In (MOSI)
4	Vdd	Supply Voltage 2.7v / 3.6v
5	CLK	Clock
6	Vss	Ground
7	DO	Master In/Slave Out (MISO)
8	RSV	Reserved

Tabla.19: microSD Pinout, SPI Mode

Fuente: (Davis, 1998)

The graphic to the right shows:
 The **SD card**, 32mm x 24mm
 The **miniSD card**, 21.5 x 20mm
 The **microSD card**, 15mm x 11mm, covered on this page.
 microSD is the smallest of the SD card formats
Slot adaptors may be purchased to allow a smaller SD card type to plug into a larger type.
 Allowing a microSD card to plug into a miniSD card slot.

The microSD form factors picture is used under GNU License
 A form factor is the physical size of a part.



Fig.99: Comparison of SD Memory Card

Fuente: (Davis, 1998)

ANEXO 5

DATA SHEET MT3608

OPERATION

The MT3608 uses a fixed frequency, peak current mode boost regulator architecture to regulate voltage at the feedback pin. The operation of the MT3608 can be understood by referring to the block diagram of Figure 3. At the start of each oscillator cycle the MOSFET is turned on through the control circuitry. To prevent sub-harmonic oscillations at duty cycles greater than 50 percent, a stabilizing ramp is added to the output of the current sense amplifier and the result is fed into the negative input of the PWM comparator. When this voltage equals

The output voltage of the error amplifier the power MOSFET is turned off. The voltage at the output of the error amplifier is an amplified version of the difference between the 0.6V bandgap reference voltage and the feedback voltage. In this way the peak current level keeps the output in regulation. If the feedback voltage starts to drop, the output of the error amplifier increases. These results in more current to flow through the power MOSFET, thus increasing the power delivered to the output. The MT3608 has internal soft start to limit the amount of input current at startup and to also limit the amount of overshoot on the output.

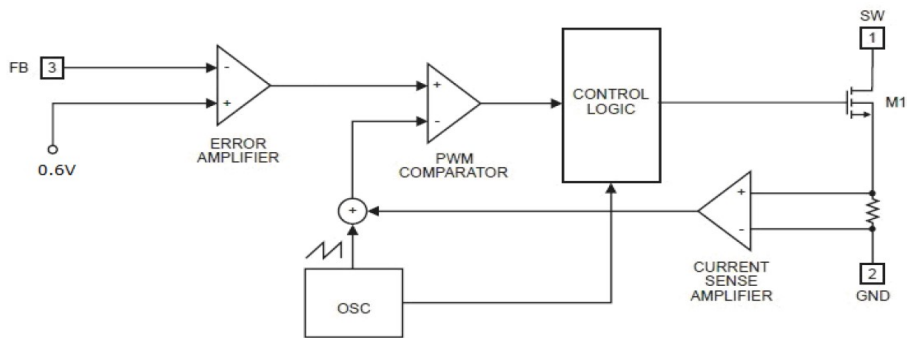


Fig.100: Block Diagram MT3608

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

Typical Operating Characteristics

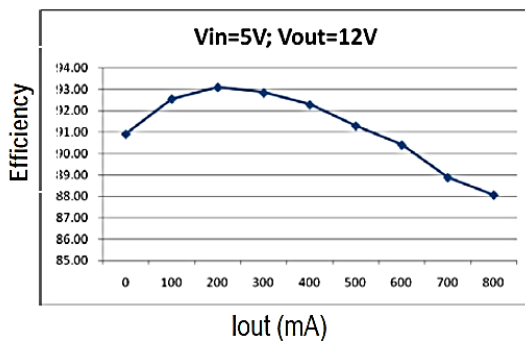


Fig.101: Efficiency Curve 1

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

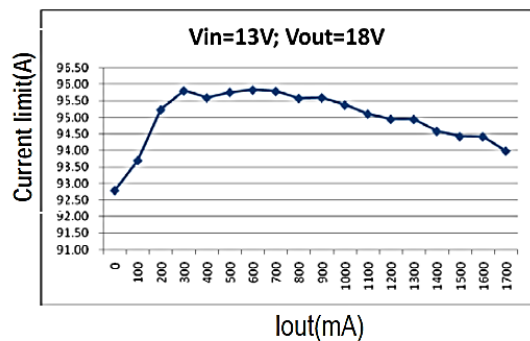


Fig.102: Efficiency Curve 2

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

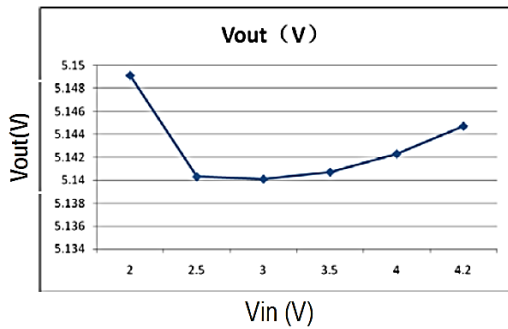


Fig.103: Line Regulation MT3608

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

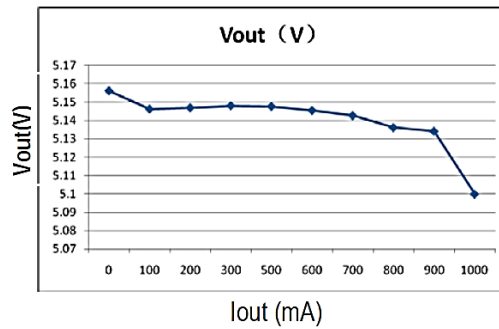


Fig.104: Load Regulation MT3608

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

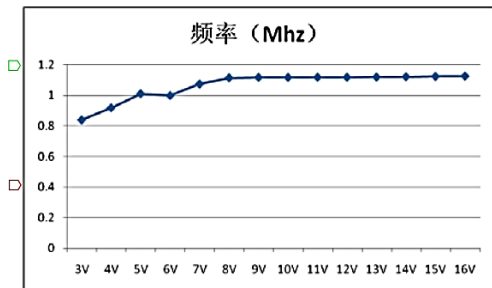


Fig.105: Freq VS Vin 3608

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

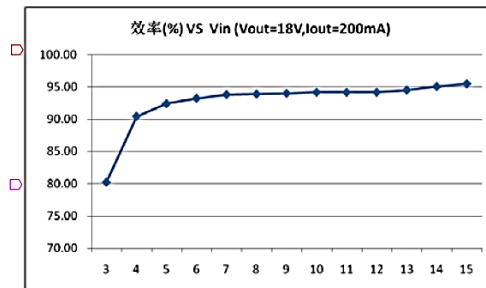


Fig.106: Efficiency VS Vin MT3608

Fuente: (AEROSEMI, 2012)

Setting the Output Voltage

The internal reference VREF is 0.6V (Typical). The output voltage is divided by a resistor divider, R1 and R2 to the FB pin. The output voltage is given by

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Inductor Selection

The recommended values of inductor are 4.7 to 22μH. Small size and better efficiency are the major concerns for portable device, such as MT3608 used for mobile phone. The inductor should have low core loss at 1.2MHz and low DCR for better efficiency. To avoid inductor saturation current rating should be considered.

Capacitor Selection

Input and output ceramic capacitors of 22μF are recommended for MT3608 applications. For better voltage filtering, ceramic capacitors with low ESR are recommended. X5R and X7R types are suitable because of their wider voltage and temperature ranges.

Layout Consideration

For best performance of the MT3608, the following guidelines must be strictly followed.

- Input and Output capacitors should be placed close to the IC and connected to ground plane to reduce noise coupling.
- The GND should be connected to a strong ground plane for heat sinking and noise protection.
- Keep the main current traces as possible as short and wide.
- SW node of DC-DC converter is with high frequency voltage swing. It should be kept at a small area.
- Place the feedback components as close as possible to the IC and keep away from the noisy devices.

Al módulo del convertidor DC-DC se le realizaron adaptaciones, específicamente se le soldó una resistencia de mayor valor para probar si mejoraba su rendimiento.

ANEXO 6

DATA SHEET DE SOLAR PANEL 3W 6V

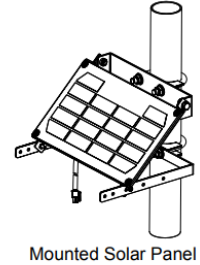
Items included:

- 3 watt or 6 watt solar panel with assembly hardware (brackets, screws, bolts, lock washers)
- U-bolts, saddles, flanged nuts (for mounting solar panel to a 4.1 cm/1.63 in. diameter mast)

Tool required:

- Phillips-head screwdriver
- 7/16-inch wrench
- 1/2-inch wrench

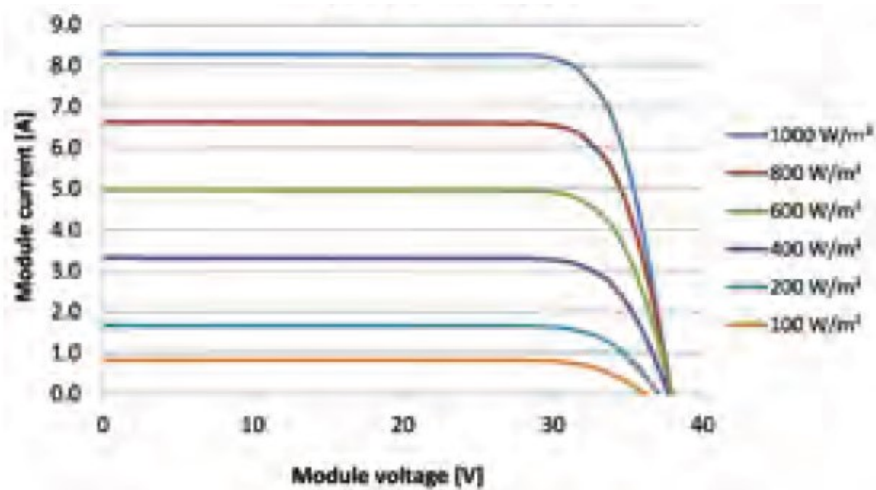
Important: The solar panel **must** be mounted where it will receive full sunlight or performance will be severely degraded.



Mounted Solar Panel

Fig.107: Mounted Solar Panel

Fuente: (Manuel, 2014)



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 250
Maximum power	P_{max}	250 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	37.8 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	31.1 V
Short circuit current	I_{sc}	8.28 A
Maximum power point current	I_{mpp}	8.05 A

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0.004 %/K
TC V_{oc}	-0.30 %/K
TC P_{mpp}	-0.45 %/K
Operating temperature	-40°C to 85°C

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 250
Maximum power	P_{max}	183.3 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	34.6 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	28.5 V
Short circuit current	I_{sc}	6.68 A
Maximum power point current	I_{mpp}	6.44 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200W/m², 95% (+/-3%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline
Cell dimensions	6.14 in x 6.14 in (156 mm x 156 mm)
Front	tempered glass (EN 12150)
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	46.7 lbs (21.2 kg)

Fig.108: I-V curves for Solar Sunmodule SW 250 al 25C cell tem.

Fuente: (Manuel, 2014)

ANEXO 7

DATASHEET K2 ULTRACAPACITORS - 2.85V/ 3400F

FEATURES AND BENEFITS

- DuraBlue™ Shock and Vibration Technology
- Up to 1,000,000 duty cycles or 10 year DC life*
- Highest power and energy
- Up to 18 kW/kg of Specific Power²
- Up to 4.00 Wh of Stored Energy²
- Threaded terminals or laser-weldable posts

TYPICAL APPLICATIONS

- High shock and vibration environments
- Automotive subsystems
- Wind turbine pitch control
- Hybrid vehicles
- Rail
- Heavy industrial equipment
- UPS & telecom systems



PRODUCT SPECIFICATIONS

ELECTRICAL	BCAP3400
Rated Capacitance ¹	3,400 F
Minimum Capacitance, initial ¹	3,400 F
Typical Capacitance, initial ^{1,2}	3,550 F
Maximum Capacitance, initial ¹	3,740 F
Typical ESR _{DC} , initial ^{1,2}	0.22 mΩ
Maximum ESR _{DC} , initial ¹	0.28 mΩ
Test Current for Capacitance and ESR _{DC} ¹	100 A
Rated Voltage	2.85 V
Absolute Maximum Voltage ³	3.0 V
Absolute Maximum Current	2,500 A

TYPICAL CHARACTERISTICS

TEMPERATURE	BCAP3400
Operating temperature range (Cell case temperature)	
Minimum	-40°C
Maximum	65°C
Storage temperature range (Stored uncharged)	
Minimum	-40°C
Maximum	70°C

ELECTRICAL	BCAP3400
Leakage Current at 25°C, typical ⁴	15 mA

POWER & ENERGY

Minimum Usable Specific Power, P _d ⁵	6.7 kW/kg
Typical Usable Specific Power, P _d ^{2,5}	8.5 kW/kg
Minimum Impedance Match Specific Power, P _{max} ⁶	14 kW/kg
Typical Impedance Match Specific Power, P _{max} ^{2,6}	18 kW/kg
Minimum Specific Energy, E _{max} ⁷	7.4 Wh/kg
Typical Specific Energy, E _{max} ^{2,7}	7.7 Wh/kg
Minimum Stored Energy, E _{stored} ^{8,12}	3.84 Wh
Typical Stored Energy, E _{stored} ^{2,8,12}	4.00 Wh

SHOCK & VIBRATION

Vibration Specification	ISO 16750-3, Tables 12 & 14
Shock Specification	SAE J2464, IEC 60068-2-27, -29

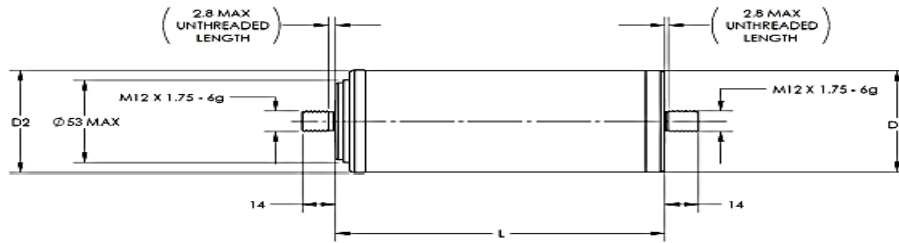
SAFETY

Short Circuit Current, typical (Current possible with short circuit from rated voltage. Do not use as an operating current.)	10,000 A
Certifications	UL810a, RoHS, REACH

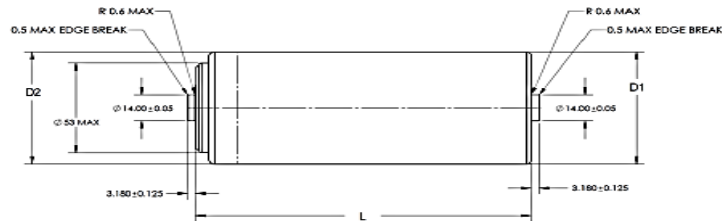
LIFE

DC Life at High Temperature ¹ (held continuously at Rated Voltage & Maximum Operating Temperature)	1,500 hours
Capacitance Change (% decrease from minimum initial value)	25%
ESR Change (% increase from maximum initial value)	110%
Projected DC Life at 25°C ¹ (held continuously at Rated Voltage)	10 years
Capacitance Change (% decrease from minimum initial value)	20%
ESR Change (% increase from maximum initial value)	100%
Projected Cycle Life at 25°C ^{1,10,11}	1,000,000 cycles
Capacitance Change (% decrease from minimum initial value)	20%
ESR Change (% increase from maximum initial value)	100%
Test Current	100 A
Shelf Life (Stored uncharged at 25°C)	4 years

BCAP3400 P285 K04



BCAP3400 P285 K05



Part Description	Dimensions (mm)			Package Quantity
	L (±0.3mm)	D1 (±0.2mm)	D2 (±0.7mm)	
BCAP3400 P285 K04/05	138	60.4	60.7	15

Fig.109: Ultracapacitors Structure

Fuente: (Maxwell, 2003)

NOTES

1. Capacitance and ESR_{DC} measured at 25°C using specified test current in K2 2.7V Series Datasheet.
2. Typical values represent mean values of a production sample.
3. Absolute maximum voltage, non-repeated. Not to exceed 1 second.
4. After 72 hours at rated voltage. Initial leakage current can be higher.
5. Per IEC 62391-2, $P_d = \frac{0.12V^2}{ESR_{DC} \times \text{mass}}$
6. $P_{\text{max}} = \frac{V^2}{4 \times ESR_{DC} \times \text{mass}}$
7. $E_{\text{max}} = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{3,600 \times \text{mass}}$
8. $E_{\text{stored}} = \frac{\frac{1}{2} CV^2}{3,600}$
9. $\Delta T = I_{RMS}^2 \times ESR \times R_{ca}$
10. Cycle using specified test current per waveform in K2 2.7V Series Datasheet.
11. Cycle life varies depending upon application-specific characteristics. Actual results will vary.
12. Per United Nations material classification UN3499, all Maxwell ultracapacitors have less than 10 Wh capacity to meet the requirements of Special Provisions 361. When packaged according to the regulation, both individual ultracapacitors and modules composed of those ultracapacitors shipped by Maxwell can be transported without being treated as dangerous goods (hazardous materials).

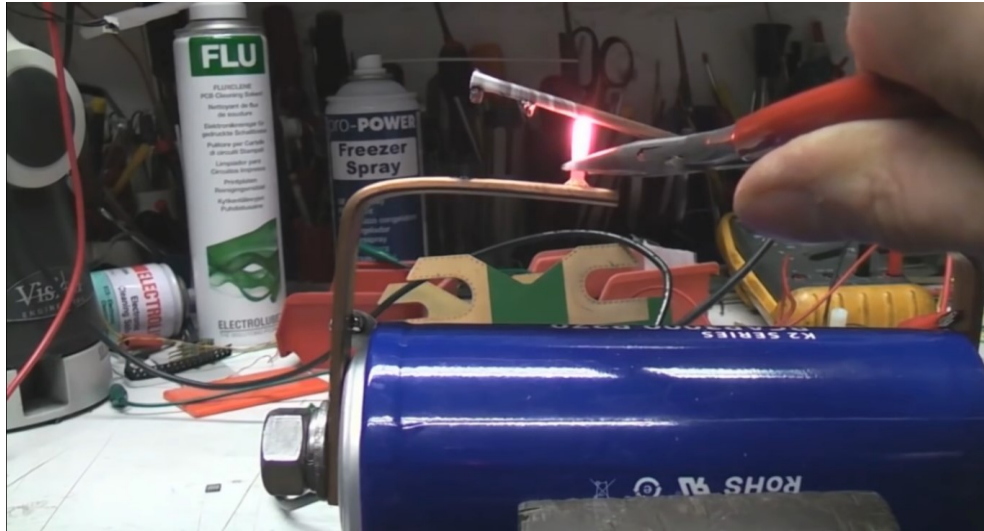


Fig.110: Cortocircuitando el ultracapacitor, sin que este experimente daño, imagen tomada del video del montaje de una boya atunera realizada con un ultracapacitor. }

Fuente: Satellite buoy teardown Satlink ELB3010

ANEXO 8

BLOC DE NOTAS DE TRAMA DE DATOS ALMACENADA

Archivo del Bloc De notas del trazador lagrangiano de la prueba realizada en Ayangue, en el documento se pueden observar la trama de datos almacenada por Sdcard.

```

TEST: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
LATITUD: -2.2324488 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.19 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:22:59 ,TEMPERATURA: 44 Celsius, 111 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.76 .
LATITUD: -2.2324488 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.19 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:22:59 ,TEMPERATURA: 44 Celsius, 111 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.76 .
LATITUD: -2.2324488 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.19 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:22:59 ,TEMPERATURA: 44 Celsius, 111 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.76 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 54 Celsius, 129 Fahrenheit , VOLTAJE: 2.37 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 51 Celsius, 123 Fahrenheit , VOLTAJE: 2.01 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 48 Celsius, 118 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.90 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 47 Celsius, 116 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.85 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 46 Celsius, 114 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.83 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 46 Celsius, 114 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.82 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 45 Celsius, 113 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.80 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 45 Celsius, 113 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.79 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 45 Celsius, 113 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.79 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 45 Celsius, 113 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.79 .
LATITUD: -2.2323253 ,LONGITUD: -80.8766555 ,VELOCIDAD: 0.09 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: -4:31:13 ,TEMPERATURA: 45 Celsius, 113 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.79 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 51 Celsius, 123 Fahrenheit , VOLTAJE: 2.26 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 47 Celsius, 116 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.85 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 44 Celsius, 111 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.76 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 43 Celsius, 109 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.74 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 42 Celsius, 107 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.74 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 42 Celsius, 107 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.73 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 42 Celsius, 107 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.72 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 42 Celsius, 107 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.73 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 41 Celsius, 105 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.69 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 41 Celsius, 105 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.71 .
LATITUD: 0.0000000 ,LONGITUD: 0.0000000 ,VELOCIDAD: 0.00 ,FECHA: 0[0]2000 ,HORA: 7:20:7 ,TEMPERATURA: 41 Celsius, 105 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.71 .
LATITUD: -1.9862293 ,LONGITUD: -80.7617950 ,VELOCIDAD: 1.33 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 8:52:55 ,TEMPERATURA: 44 Celsius, 111 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.88 .
LATITUD: -1.9862293 ,LONGITUD: -80.7617950 ,VELOCIDAD: 1.33 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 8:52:55 ,TEMPERATURA: 36 Celsius, 96 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.48 .
LATITUD: -1.9862293 ,LONGITUD: -80.7617950 ,VELOCIDAD: 1.33 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 8:52:55 ,TEMPERATURA: 33 Celsius, 91 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.37 .
LATITUD: -1.9862293 ,LONGITUD: -80.76 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 8:52:55 ,TEMPERATURA: 33 Celsius, 91 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.37 .
LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 9:31:59 ,TEMPERATURA: 32 Celsius, 89 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.24 .
LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 9:31:59 ,TEMPERATURA: 30 Celsius, 86 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.22 .
LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 9:31:59 ,TEMPERATURA: 29 Celsius, 84 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.25 .
LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 9:31:59 ,TEMPERATURA: 30 Celsius, 86 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.28 .
LATITUD: -1.9799898 ,LONGITUD: -80.7552490 ,VELOCIDAD: 0.11 ,FECHA: 6[24]2017 ,HORA: 9:31:59 ,TEMPERATURA: 31 Celsius, 87 Fahrenheit , VOLTAJE: 1.29 .

```

Fig.111: Trama de Datos en el Archivo Bloc De Notas.

Fuente: Elaborado por el Autor

ANEXO 9

FIRMWARE EN ARDUINO

INSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
#include <TinyGPS++.h>	Librería del GPS
#include <SPI.h>	Librería del bus de comunicación de circuitos integrados
#include <SD.h>	Librería de la Sdcard

TinyGPSPlus gps;	Declaración de la variable para el GPS
------------------	--

int pin = 1;	Selección del pin de entrada analógica(A1)
int pin = 0;	Selección del pin de entrada analógica(A0)
int tempc = 0,tempf=0;	Variables de temperatura
int samples[5];	Variable para guardar el número de iteraciones para mejorar la medición
int maxi = -100,mini = 100;	Límites de temperatura
int i;	Variable de iteraciones
File myFile;	Archivo de myFile

void setup() {	Apertura del setup. Llave de apertura.
Serial.begin(9600);	Inicialización del puerto serial, pues mostraremos en el computador.
Serial1.begin(9600);	Inicialización del puerto serial1, donde hemos hecho enlace de conexión con el shield gps.
while (!Serial) ; { }	Esperar a que el puerto serial se conecte.
Serial.print("Iniciando SD card...");	Mostrar mensaje: "Iniciando SD card..."
Serial.println("UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA");	Mostrar mensaje: "UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA"
Serial.println("PRUEBA1 TRAZADOR LAGRANGIANO");	Mostrar mensaje: PRUEBA1 TRAZADOR LAGRANGIANO
Serial.println("MAURO TORRES");	Mostrar mensaje: MAURO TORRES

Serial.println();	Espacio
pinMode(53, OUTPUT);	Establecer al pin 53 del Arduino Mega como salida
if (!SD.begin(53)) {	Si
Serial.println("No se pudo realizar conexion");	Mostrar mensaje: No se pudo realizar conexión
return;	Regresar
}	Llave de cierre
Serial.println("Inicializacion lista");	Mostrar mensaje: Inicialización lista
Serial.println("PRESIONE 'a' PARA TRANSMITIR TRAMA GPS");	Mostrar mensaje: PRESIONE 'a' PARA TRANSMITIR TRAMA GPS
Serial.println("PRESIONE 'b' LEER CONTENIDO SD CARD");	Mostrar mensaje: PRESIONE 'b' LEER CONTENIDO SD CARD
}	Llave de cierre, fin del setup.

void loop() {	Inicio del loop. Llave de apertura.
while (Serial1.available() > 0)	Mientras se encuentre disponible el canal serial1, enlace del shield...
if (gps.encode(Serial1.read())) {	condición lectura serial1

char val;	Almacenar valor
val=Serial.read();	El valor es igual a la lectura serial
tempc = 0;	
if(val=='a')	Si la condition 'a'
{	
int i=0;	
for(i = 0;i<=10;i++)	
{	
Serial.println("TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017");	Mostrar mensaje: TRAZADOR LAGRANGIANO UPSE 2017
Serial.print(F(""));	Muestreo por canal serial.
if (gps.location.isValid())	¿Es válida la localización? En caso de que si entonces...
{	
Serial.print("LATITUD: ");	Mostrar mensaje: LATITUD
Serial.print(gps.location.lat(), 7);	Mostrar el valor de la latitud actual
Serial.print(" ,");	Separación.
Serial.print("LONGITUD: ");	Mostrar mensaje: LONGITUD
Serial.print(gps.location.lng(), 7);	Mostrar el valor de la longitud actual
Serial.print(" ,");	Separación.
}	Llave de cierre.
else	en caso contrario
{	llave de apertura
Serial.print(F("EN ESPERA.));	Mostrar mensaje: EN ESPERA.
}	Cierre, fin de caso contrario.

Serial.print(F("VELOCIDAD: "));	Mostrar mensaje: VELOCIDAD:
if (gps.speed.isValid())	¿Es válida la velocidad? En caso de que si entonces...
{	
Serial.print(gps.speed.kmph());	Mostrar el valor de la velocidad actual en kmph
Serial.print(F(""));	Separación.
Serial.print(" ,");	Separación.
}	Cierre, fin de datos válidos.
Else	En caso contrario.
{	Llave de apertura.
Serial.print(F("EN ESPERA.));	Mensaje de espera.
}	

Serial.print(F("FECHA: "));	Indicación de muestra de hora en formato gmt.
if (gps.date.isValid())	Es válido el dato gps... Llave de apertura.
{	
Serial.print(gps.date.month());	Mes.
Serial.print(F(" "));	Separación con
Serial.print(gps.date.day());	Indicación de muestra del día.
Serial.print(F(" "));	Separación con
Serial.print(gps.date.year());	Indicación de muestra de año.
Serial.print(" ,");	Separación.
}	Cierre, fin de datos válidos.
Else	En caso contrario.
{	Llave de apertura.
Serial.print(F("EN ESPERA.));	Mensaje de espera.
}	Cierre.

Serial.print(F("HORA: "));	Indicación de muestra de Hora actual
if (gps.time.isValid())	Es válido el dato del gps... Llave de apertura.
{	
if (gps.time.hour() >4)	
{	
Serial.print(F("0"));	
Serial.print(gps.time.hour()-5);	Restarle 5 a la hora en formato GMT
}	

else if (gps.time.hour() <5)	
{	
Serial.print(gps.time.hour()+19);	
}	
Serial.print(F(":"));	Colocar :
if (gps.time.minute() < 10) Serial.print(F("0"));	
Serial.print(gps.time.minute());	
Serial.print(F(":"));	Colocar :
if (gps.time.second() < 10) Serial.print(F("0"));	
Serial.print(gps.time.second());	
Serial.print(" ,");	Colocar ,
}	Fin de visualización del tiempo.
Else	
{	De lo contrario...
Serial.print(F("EN ESPERA."));	En espera mientras valida gps.
}	

for(int f = 0;f<=0;f++)	
{	
samples[f] = (5.0 * analogRead(pin) * 100.0) / 1024.0;	Iteraciones entre resolución
tempc = tempc + samples[f];	
delay(10);	Retardo para realizar de nuevo el muestreo
}	
tempc = tempc/5.0;	Mejoramos la precisión
tempf = (tempc * 9)/ 5 + 32;	Conversor a grados Fahrenheit
Serial.print(" TEMPERATURA: ");	Nombre de la variable
Serial.print(tempc,DEC);	Variable de temperatura
Serial.print(" Celsius, ");	Impresión de temperatura en Celsius
Serial.print(tempf,DEC);	Variable de temperatura
Serial.print(" Fahrenheit ");	Mostrar mensaje: Fahrenheit
Serial.print(" ,");	Separar con una ,
int valor_sensor = analogRead(A0);	Lee el pin de entrada analógico (pin A0)
float voltaje = valor_sensor * (5.0 / 1023.0);	Convierto la lectura analógica (la cual va desde 0 - 1023) hacia un voltaje (0 - 5V):
Serial.print(" VOLTAJE: ");	Mostrar mensaje: VOLTAJE:
Serial.println(voltaje);	Separar con una ,

myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE);	El archivo es igual a lo que se almacena en la sdcard
if (myFile)	Si el archive
{	
myFile.print("LATITUD: ");	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.location.lat(), 7);	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(" ,");	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print("LONGITUD: ");	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.location.lng(), 7);	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(" ,");	Separación
myFile.print(F("VELOCIDAD: "));	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.speed.kmph());	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(" ,");	Separación
myFile.print(F("FECHA: "));	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.date.month());	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(F("/"));	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.date.day());	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(F("/"));	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.date.year());	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(" ,");	Separación
myFile.print(F("HORA: "));	Datos que se almacenaran en sdcard
myFile.print(gps.time.hour()-5);	Datos que se almacenaran en sdcard

myFile.print(F(":"));	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(gps.time.minute());	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(F(":"));	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(gps.time.second());	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(" ,");	Separación
myFile.print("TEMPERATURA: ");	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(tempc);	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(" Celsius, ");	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(tempf);	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(" Fahrenheit ");	Impresión de temperatura en Fahrenheit
myFile.print(" ,");	Separación
myFile.print(" VOLTAJE: ");	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.print(voltaje);	Datos que se almacenaran en sdcad
myFile.println(" .");	Separación
myFile.close();	Datos que se almacenaran en sdcad
delay(1000);	Tiempo de espera de 1000ms
}	
else	Caso Contrario
{	

Serial.println("error opening test.txt");	Mostrar mensaje: error opening test.txt
}	
Serial.println();	Línea siguiente.

if(val=='b')	Si la condición b
{	
myFile = SD.open("test.txt");	
if (myFile) {	
Serial.println("test.txt:");	
while (myFile.available())	
{	
Serial.write(myFile.read());	
}	
myFile.close();	
}	
Else	
{	
Serial.println("error opening test.txt");	
}	
delay(1000);	
}	Cierre si la condición 'b'

if (millis() > 30000 && gps.charsProcessed() < 10)	Test de operatividad del gps.
{	Llave de apertura.
Serial.println(F("GPS NO DETECTADO, VERIFICAR CONEXIONES"));	Muestra por canal serial en caso de que no haya detección del gps.
while(true);	Continúe mientras se mantenga la condición.
}	
}	Cierre condición lectura serial1
}	Cierre void_loop

Tabla.20: Descripción de Firmware del TL

Fuente: Elaborado por el Autor