

Sistema Híbrido de Suministro de Energía (BAT+UC+PV) de Baja Potencia para Aplicación en Monitorización y Transmisión de Datos en Entornos Marinos.

Javier León⁽¹⁾, Brando Sanunga⁽²⁾, Wilton Agila⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
jleon@espol.edu.ec⁽¹⁾, isanunga@fiec.espol.edu.ec⁽²⁾, wagila@fiec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

Los cambios climáticos, fenómenos naturales y sísmicos han provocado daños irremediables en muchos países del mundo, especialmente los Tsunamis, por lo que, si se pudiera reducir de alguna manera su impacto, sería de mucha importancia para así prevenir pérdidas humanas y materiales.

Es importante tener información certera y en tiempo real de los cambios climáticos que éste fenómeno provoca, para así, dar una señal de alerta a las poblaciones cercanas que resultarán afectadas.

Para obtener datos y monitorear estos fenómenos inusuales, existen varias formas y equipos, pero, de entre estos y en el que se va a dirigir este proyecto, son aquellos que se instalan en el mar mediante boyas marinas que se convierten en los centros de acopio de información, por lo tanto, es necesario garantizar a los equipos un suministro de energía eléctrica confiable, segura y constante.

El suministro deberá ser obtenido mediante conversión de alguna fuente natural de energía renovable disponible, por ejemplo, de los rayos ultravioletas provenientes del sol (lo cual se enfocará en este proyecto), del movimiento de las olas (corrientes marinas) o del movimiento del aire (viento) y respaldarla en elementos de almacenamiento de energía.

Palabras Claves: *Tsunamis, cambios climáticos, boyas marinas, energía renovable, suministro de energía, rayos ultravioletas.*

Abstract

Climate change, natural and seismic events have caused irreparable damage to many countries, especially the Tsunami, so, if you could somehow reduce its impact would be of great importance in order to prevent human and material losses.

It is important to have accurate information and real-time climate change that this phenomenon causes, thus, giving a warning to nearby towns to be affected.

For data and monitor these unusual phenomena, there are several ways and equipment, but in between them and in which they will lead this project are those that are installed at sea by marine buoys that become collection centers information, therefore, is necessary to ensure the equipment power supply reliable, safe and steady.

The supply shall be obtained by converting some natural renewable energy source available, for example, ultraviolet rays from the sun (which will focus on this project), the movement of the waves (currents) or air movement (wind) and back it in energy storage elements.

Keywords: *Tsunamis, climate change, marine buoys, renewable energy, energy supply, ultraviolet rays.*

1. Introducción

Los fenómenos naturales originados en el mar son un problema que se vive a nivel mundial, los desastres que ocasionan son de gran magnitud porque van destruyendo todo lo que se encuentra a su paso causando muchas pérdidas humanas y económicas. De entre ellos, existe uno conocido en tierra firme como terremoto, que cuando se origina en medio del océano provoca el movimiento de las placas oceánicas y este genera lo que se denomina como tsunamis, el mismo provoca un incremento brusco en las magnitudes de las olas, que cuando llegan a tierra firme van arrasando todo lo que se cruce de por medio, provocando así mucha destrucción, generando conmoción, desesperación y crisis económica a nivel mundial. Se desarrolla este proyecto como un instrumento de alerta para reducir los efectos ocasionados por éstos fenómenos naturales.

La información meteorológica y oceanográfica del viento, agua y sol es obtenida por medio de sensores, instalados en las boyas, y transmitidos remotamente a los centros de recepción de datos, ubicados en puntos estratégicos, para así poder ser visualizada por el personal responsable de interpretarla y de dar las alertas de emergencia.

Todos los equipos involucrados en este proceso serán energizados por medio de la energía obtenida de los paneles solares o por baterías, los cuales suministrarán la energía suficiente para garantizar el correcto y continuo desempeño de los mismos.

El estudio y elaboración de este proyecto es de mucha importancia, ya que se podrá colaborar con los centros encargados de monitorear el clima, obteniendo y proporcionando información confiable y certera instantáneamente, evitando que se originen errores que puedan provocar alteración en Ecuador, y que en el momento en que esto ocurra poder alertar oportunamente a la comunidad, para así estar preparados, garantizando siempre la preservación de la vida humana antes de lo material.

2. Planteamiento del problema

En Ecuador no existen estos tipos de sistemas, que se encargan de monitorear y supervisar los parámetros oceanográficos y atmosféricos, por lo que surgió un problema por parte del INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DEL ECUADOR (INOCAR) y llegando un comunicado pidiendo colaboración a la FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION de la ESPOL, para que se ayude en dar una aplicación a una boya marina estacionaria (que está fuera de servicio) que no posee una fuente principal de energía eléctrica, la cual se le requiere adaptar un panel solar

para que éste sea su principal fuente de energía renovable, por esto, el centro de estudio del proyecto es entregar un suministro eléctrico a los equipos involucrados en la boya por medio de esta fuente de energía renovable, por lo tanto, se desarrollará un gestor híbrido obtenido de energía solar, a sabiendas de que no solo existe una sola fuente de energía renovable como es la energía solar, por lo que, al gestor podría acoplarse otras fuentes de energía alternativas como la undimotriz y la eólica.

Se consideró adicionar equipos para medir las variables como se indican en el Proyecto de Ley del sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, presentado en la Asamblea Nacional, como se señala en el artículo 37 mencionando que el estado impulsará el monitoreo de variables oceanográficas para medir los impactos del cambio climático, a fin de determinar asociaciones de cría, reproducción y migración de especies, con las variables climáticas [1].

3. Bases teóricas del proyecto

3.1. Generación de energía eléctrica fotovoltaica

Es la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar, utilizando para ello un compuesto de los siguientes elementos:

3.1.1. Paneles solares. Un panel Solar o modulo Solar es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar y la convierte en energía eléctrica.

3.1.2. Batería o Acumulador. Es el elemento que almacena la energía producida por los paneles solares, permite suministrar energía eléctrica cuando hay ausencia de radiación solar.

3.1.3. Regulador de carga. Es el equipo encargado de proteger la batería de cualquier eventualidad como las sobrecargas. Controla constantemente el estado de la batería con el fin de alargar su vida útil, además de asegurar que el sistema opere ininterrumpidamente.

3.2. Sensor

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. [3].

3.3. Ultracapacitores

Son elementos pasivos que también se denominan como capacitores de doble capa, tienen una densidad de energía inusualmente alta en comparación a los capacitores comunes.

Una de las ventajas de los Ultracapacitores es que se pueden cargar y descargar miles de veces rápidamente y sin perder su rendimiento pero su peor desventaja es que se descarga rápidamente y no se puede utilizar la totalidad de su energía [4].

3.4. Equipos de comunicación y control

3.4.1. PLC. El controlador lógico programable conocido por sus siglas P.L.C., es un equipo electrónico programable en lenguaje no información, cuya función principal es la de controlar en tiempo real procesos secuenciales, trabaja en base a la información recibida por los captadores de información conocidos como sensores [5].

3.4.2. Computadora Industrial. Las computadoras industriales actualmente ofrecen una gran solución para el problema que conlleva a la limitación de espacio y su operatividad en el campo laboral, con una gran capacidad de procesamiento ideal para cumplir con las exigencias de cada proyecto.

3.4.3. Labview. Es un software de programación grafica que ayuda a escalar desde el diseño hasta pruebas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas. Ofrece integración sin precedentes con software legado existente, IP y hardware al aprovechar las últimas tecnologías de cómputo [7].

3.4.4. Módulos DSC (Datalogging and Supervisory Control). Es un modulo adicional para Labview que ofrece de comunicación con el hardware de tipo OPC y tiempo real. Por tanto, es posible diseñar software SCADA en Labview para el seguimiento y registro de datos de las redes de PLC.

4. Selección de Equipos

4.1. Generación de energía fotovoltaica

4.1.1. Paneles Solares. El panel fotovoltaico que se utilizara para el proyecto es el Monocrystaline Solar Power de la empresa RCJ POWER, debido a la calidad y a costes del mercado [9].

Tabla 1. Característica del panel fotovoltaico

150W Panel Solar Monocrystalino (Sistema 12V)	
Especificación de un MÓDULO solar monocrystalino de 150 W	
Mono o Poli	Mono
Potencia Máxima (Wp)	150Wp
Máximo Voltaje (V)	17.2
Máxima Corriente(A)	8.6
Voltaje de circuito abierto(V)	22
Corriente de cortocircuito (A)	8.9
Número de celdas(Pcs)	72 @ 125 mm x 125 mm
Tamaño del módulo (mm)	1580X810X50 mm
Rango de temperatura	-40°C~+80°C
Tolerancia(e.g.+/-5%)	+/-3%
Capacidad maxima en superficie.	60m/s(200kg/sq.m)
Peso neto por pieza(kg)	15 kg
Eficiencia de la celda (%)	>13
Eficiencia del módulo (%)	>11
Tolerancia de Salida (%)	+/-3%
Material del marco	Aluminio
Condiciones estándares de pruebas.	AM 1.5 100mW/cm ² 25°C
Certificaciones.	CE, ISO9001-2000

4.1.2. Batería o Acumulador. La batería que se escogió para el proyecto es la Victron Energy 12 V 130Ah [10].

Tabla2. Característica de la batería

Voltaje	12V
Catálogo	SI
Amperios / Hora	100Ah – 150Ah
Capacidad medida de la Batería	C100 a 25°C
Amperaje de la Batería	130 Ah
Medidas de la Batería	410x176x227
Peso de la Batería	38.0 Kg
Terminales incluidos	Sí
Garantía de la Batería	2 años
Mantenimiento de la Batería	Sin mantenimiento
Porcentaje de Autodescarga	2% mensual

4.1.2. Regulador de carga. El regulador que se utilizara en este proyecto es el WEL30, comercializado

por la empresa Werstern Co., en referencia a la carga que se instalará y a sus características para entornos marinos [11].

Tabla3. Característica del regulador de carga

Máxima corriente de carga de batería	30A
Tipo de cargador	MPPT
Máxima potencia de modulo fotovoltaico	450 W a 12 V
Máxima corriente de salida hacia la carga	15 A
Comunicación	RS485
Maximo voltaje de bateria	16 V
Peso	2 Kg
Dimensiones	178x269x83 mm
Voltaje de operación	12 - 48 V

4.2. Sensores para medir las variables del sistema

4.2.1. Sensor para medir el viento. El sensor que se escogió para medir esta variable es el anemómetro AN025 [12].

Tabla4. Característica del sensor para medir el viento

Peso	1.3 kg
Dimensiones	47 X 121 X 191 mm
Voltaje de Operación	12 a 24 Vdc
Corriente	65mA @ 12VDC (máximo)
Temperatura de Operación	-30°C a +60°C
Offset de salida:	±0,05%
Señal-Salida Analógica	4-20mA (estándar)
Precisión	±1
Rango de operación de Velocidad	0,5 a 55 m/s
Rango de operación de la dirección del viento	0 a 355 grados
Intervalos de actuación de la dirección del Viento	0,5 Seg.

4.2.2. Sensor para medir la altura de las olas. El sensor que se eligió para medir esta variable es el SM-140 Range Finder [13].

Tabla 5. Característica de la batería

Voltaje	12V
Catálogo	SI
Amperios / Hora	100Ah – 150Ah
Capacidad medida de la Batería	C100 a 25°C
Amperaje de la Batería	130 Ah
Medidas de la Batería	410x176x227
Peso de la Batería	38.0 Kg
Terminales incluidos	Sí
Garantía de la Batería	2 años
Mantenimiento de la Batería	Sin mantenimiento
Porcentaje de Autodescarga	2% mensual

4.2.3. Sensor para medir la radiación solar. Para medir esta variable se utilizará el sensor PIRANOMETRO SP-214 de la marca Apogee, debido a las características de conexión, precisión y de fácil instalación [14].

Tabla 6. Caractística del sensor para medir la radiacion solar

Dimensiones	2.4 cm diámetro y 2.8 cm altura
Peso	140 g
Voltaje de Operación	5-36 V DC
Corriente	22 mA
Señal-Salida Analógica	4-20 mA
Sensibilidad	0.013 mA per W m-2
Factor de Calibración	W m-2 por mA
Repetitividad de medida:	< 1 %
Rango de visión:	180°
Rango espectral:	360 nm to 1120 nm
Dirección (Coseno):	± 5 %
Respuesta de temperatura:	-0.04 ± 0.04 % per C

4.2.4. Sensor para medir el PH. Se optó por el SENSOR Ph-100 para medir esta variable, es seleccionado por sus características de operación y conexión, y a la gran demanda del equipo en el mercado por su bajo consumo [15].

Tabla 6.Caractística del sensor para el PH

Rango de Medida	0–14 PH
Voltaje de Operación	8–15V 8-15V • Reverse polarity protected • Surge protected to 2kV
Corriente:	Designed for low power consumption
Señal-Salida Analógica	4–20mA 3 cables
Temperatura de Operación	0–50°C
Resolución	0.001 pH
Precisión	0.2 pH

4.2.5. Sensor oceanográfico multivariables. Se decidió por el sensor multivariables MIDAS ECM de la empresa Valeport porque es un medidor de corriente altamente versátil, diseñada con la durabilidad y facilidad de implementación, su arquitectura electrónica incluye múltiples sensores, y una variedad de opciones de comunicación, por lo que es uno de los pocos con múltiples parámetros que permiten operaciones en tiempo real a través de varios miles de metros de profundidad hasta aproximadamente los 5000m [16].

Tabla 6.Caractística del sensor multivariables

Sensor	Rango	Precisión	Resolución
Corriente	0 - 5 m/s	1%	0.01 m/s
Dirección	0 - 360 g	< 1g	0.001g
Presión	> 500 bar	0.01%	0.00%
Temperatura	-5 a +35 °C	0.05°C	0.002°C
Conductividad	0 - 80 mS/cm	0.01mS/cm	0.002 mS/cm

4.3. Equipos de comunicación y control

4.3.1. PLC. La decisión de utilizar en el proyecto un controlador lógico programable se fundamenta en la conexión y rápida programación de los elementos, es decir sin acondicionamiento de señales, por tal motivo se escogió el PLC DirectLOGIC 06 (DL06), que posee una característica especial por ser uno de los primeros micro PLC que combina su E/S fija de 20 entradas y 16 salidas con cuatro ranuras de opciones de tarjetas de expansión (discretas, analógicas, módulos de comunicación), todos en el mismo paquete [17].

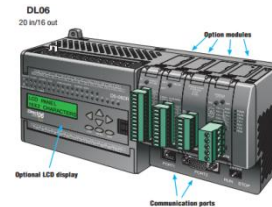


Figura 1. PLC DirectLOGIC 06 (DL06)

4.3.2. Módulos DSC. Los módulos que se utilizarán en el proyecto son DL05/06 PLC - ANALOG I/O OPTION MODULES con una resolución de 12 bits: [17].

- F0-04AD-1 - 4 canales analógicos del módulo de entrada, rango: 4-20 mA o 0-20 mA
- F0-04AD-2 - 4 canales del módulo de entrada analógica, rango: 0-5 V o 0-10 V.



Figura 2. DL05/06 PLC Analog I/O option modules

4.3.3. Computadora industrial. La PC industrial que se utilizará para este proyecto será la SBOX-2150, con las siguientes características: [18].

- Intel Atom D2550 Cedarview Dual Core 1.86 g
- Pantalla doble salida (VGA y DVI-D)
- Soporta Sistema Operativo Embebido (Windows 7 y Linux)
- Dual Gigabit Ethernet y 4 x RS-232
- Amplia Temperatura Rango de funcionamiento. : -20 ~ 60 ° C
- Ultra delgado (40 mm), tamaño compacto y sin ventilador
- DC 12V Potencia de entrada



Figura 3. SBOX-2150

4.3.4. Iluminación de la boya. Para el proyecto se escogerá la linterna marina de Leds de alta densidad BDL120-HI, comercializada por la empresa LMV. Su elección se debe de acuerdo a sus características especiales tales como: su resistencia al ambiente

marino, bajo consumo y a la incorporación de un espantapájaros [19].



Figura 4. Linterna marina de Leds de alta densidad BDL120-HI

5. Cálculos para el dimensionamiento del proyecto

Se utilizó la metodología de trabajo del CONELEC con fin de generación eléctrica, en base a los equipos seleccionados para poder dimensionar los paneles y baterías que se requerirán para el proyecto, donde se muestra en la figura 5 el consumo de cada uno de los equipos antes seleccionados.

SENSORES					
Parámetro a Sensor:	Amperaje [A]	Potencia [W] - 12V	Voltaje [VDC]	HORAS DE USO	ENERGÍA [Wh]
SENSOR MULTIVARIABLES	0,1417	1,7	9 - 30	24	40,8
Oleaje	< 0,5	5	12 - 48	24	120
Radiación Solar	0,22	0,264	5 - 36	24	6,336
Viento	0,65	0,78	12	24	18,72
Ph	0,0125	0,15	8 - 15	24	3,6
EQUIPOS DE REGISTRO Y COMUNICACIÓN					
PLC	1,6	19,2	12 - 24	24	460,8
PC	< 0,5	10	12	12	120
CONTROLADOR	2,5	30	12	24	720
EQUIPO DE COMUNICACIÓN	1,5	18	12	4	72
Luz Baliza	0,3	3,6	12	4	14,4
SUBTOTAL CONSUMO		87,91			1.576,66
RESERVA		25%			25%
TOTAL CONSUMO		109,89			1970,82

Figura 5. Consumos y demandas del sistema de monitorización.

Se debe considerar el consumo total de energía eléctrica que demandara el sistema, tomando en cuenta las potencias de los equipos y el tiempo de trabajo, conociendo que el voltaje de operación es 12 Vdc y la radiación promedio es 6.6 Kw/h/m²

Obtenido el consumo total diario de las cargas (CL) y sabiendo el voltaje del sistema (VS), se encuentra la corriente diaria Dc (ILDC).

$$I_{LDC} = \frac{C_L}{V_S} \quad (1)$$

Se aplica un factor de seguridad debido a las pérdidas del sistema (FS), para así obtener la corriente regularizada (IFL).

$$I_{FL} = I_{LDC} \times F_S \quad (2)$$

Por lo tanto, se encontrará la Corriente pico del sistema (IPS) con la relación entre la corriente regularizada y la radiación solar en kwh/m²/día (RS):

$$I_{PS} = \frac{I_{FL}}{R_S} \quad (3)$$

Con la información anterior se obtiene el número total de módulos, tal como se indica en la ecuación 4.4, al dividir la corriente pico del sistema y la corriente pico del módulo a utilizar (IPP):

$$N_{MP} = \frac{I_{PS}}{I_{PP}} \quad (4)$$

La Relación por voltaje se obtiene al dividir el voltaje del sistema (VS) y el del módulo (VM).

$$R_V = \frac{V_S}{V_M} \quad (5)$$

Con los resultados anteriores se encuentra el número total de módulos (NT) del sistema de generación fotovoltaica.

$$N_T = N_{MP} \times R_V \quad (6)$$

Para el cálculo de la capacidad nominal del banco de baterías se necesitan conocer la corriente DC total diaria (IFL) y los días de reserva (DR), los cuales según el manual pueden variar de uno a cinco días.

$$I_B = I_{TDCD} \times D_R \quad (7)$$

Para el cálculo de la capacidad corregida del banco de baterías (IBC), se divide la corriente nominal del banco de baterías (IB) para la profundidad de descarga de la misma (PD), el cual debe de ser menor a uno, en este caso se escoge una profundidad del 70%.

$$I_{BC} = \frac{I_B}{P_D} \quad (8)$$

Para determinar cuántas baterías en paralelo se necesitará para suministrar energía al sistema (NBP), se utilizará la siguiente ecuación, dividiendo la corriente anterior corregida (IBC) para la corriente nominal de la batería que se ha escogido (INB).

$$N_{BP} = \frac{I_{BC}}{I_{NB}} \quad (9)$$

Cuando el valor NBP contiene decimales, se procede a escoger el número inmediato superior, y se convierte en NTBP.

Para determinar el número de baterías en serie del banco (NBS), es necesario aplicar la siguiente división entre la tensión del sistema (Vs) y la tensión nominal

de cada batería (VB), cuando el valor NBS contiene decimales, se procede a escoger el número inmediato superior, y se convierte en NTBS.

$$N_{BS} = \frac{V_S}{V_B} \quad (10)$$

Mediante la siguiente ecuación se determinará el número total de baterías del sistema (NTB), al multiplicar el número de baterías en paralelo (NTBP) por el número de batería en serie (NTBS).

$$N_{TB} = N_{TBP} \times N_{TBS} \quad (11)$$

Para escoger el controlador adecuado para el sistema, el primer paso a seguir es calcularla corriente de entrada del mismo (IEC), mediante la multiplicación de la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (ICCFV), del factor de seguridad del controlador FSC (que para este caso se usará un factor de 1,25) y del número total de baterías (NTB).

$$I_{EC} = I_{CCFV} \times F_C \times N_{TB} \quad (12)$$

Para el cálculo de corriente de salida del controlador (ISC), se utilizará la ecuación donde se incluye el factor de seguridad del controlador (FSC), la potencia DC de la carga (PDCL) y el voltaje de la batería (VB).

$$I_{SC} = \frac{F_{SC} \times P_{DCL}}{V_B} \quad (13)$$

Donde los valores obtenidos los podemos observar en la figura 6.

DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO			
CONSUMO DE LAS CARGAS	1.970,82	Wh/día	CL
CORRIENTE PICO DEL MODULO			
TENSIÓN DC DEL SISTEMA	12	V	VS
CORRIENTE DIARIA DC	164,24	Ah/día	ILDC
FACTOR DE SEGURIDAD DEL SISTEMA	1,2		FS
CORRIENTE DIARIA DC CON FACTOR	197,08	Ah/día	IFL
RADIACIÓN SOLAR	6,6	Kwh/m2/día	RS
CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	29,86	A	IPS
DIMENSIONAMIENTO DEL MODULO FOTOVOLTAICO			
CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	29,86	A	IPS
CORRIENTE PICO	8,6	A	IPP
ARREGLO DE MODULOS	3,47		NMP
ARREGLO DE MODULOS EN PARALELO	4		NMP
TENSIÓN DC DEL SISTEMA	12	V	VS
TENSIÓN DC DEL MODULO	12	V	VM
RELACION POR VOLTAJE	1		RV
NUMERO TOTAL DE MODULOS	4		NT
DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS			
CORRIENTE EN DC TOTAL DIARIA	197,08	Ah	IFL
DÍAS DE RESERVA	3		DR
CAPACIDAD NOMINAL DEL BANCO DE BATERÍAS	591,25	Ah	IB
PROFUNDIDAD DE DESCARGA (70 %)	0,7		PD
CAPACIDAD CORREGIDA BANCO DE BATERÍAS	844,64	Ah	IBC
CAPACIDAD NOMINAL DE LA BATERÍA A USAR	130	Ah	INB
ARREGLO DE BATERIA EN PARALELO	6,50		NBP
ARREGLO DE BATERIAS EN PARALELO	7		NTBP
TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA	12	V	VS
TENSIÓN NOMINAL DE CADA BATERÍA	12	V	VB
NUMERO DE BATERIA EN SERIE	1		NBS
ARREGLO DE BATERIAS EN SERIE	1		NTBS
NUMERO TOTAL DE BATERÍAS	7		NTB
DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR			
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL UN MODULO FOTOVOLTAICO	8,9	A	ICCFV
FACTOR DE SEGURIDAD DEL CONTROLADOR	1,25		FSC
NUMERO DE MODULOS FOTOVOLTAICO EN PARALELO	4		NTB
CALCULO DE CORRIENTE DE ENTRADA DEL CONTROLADOR	44,50	A	IEC
POTENCIA DC DE LAS CARGAS	55,09	W	PDCL
VOLTAJE DE LA BATERIA	12	V	VB
CALCULO DE CORRIENTE DE SALIDA DEL CONTROLADOR	5,74	A	ISC

Figura 6. Valores obtenidos en las formulas antes mencionadas.

6. Desarrollo del software de simulación

Basándose en los equipos que se utilizara en el proyecto y a los consumos definidos en el sistema, se puede realizar el diagrama de flujo del proceso de suministro de energía.

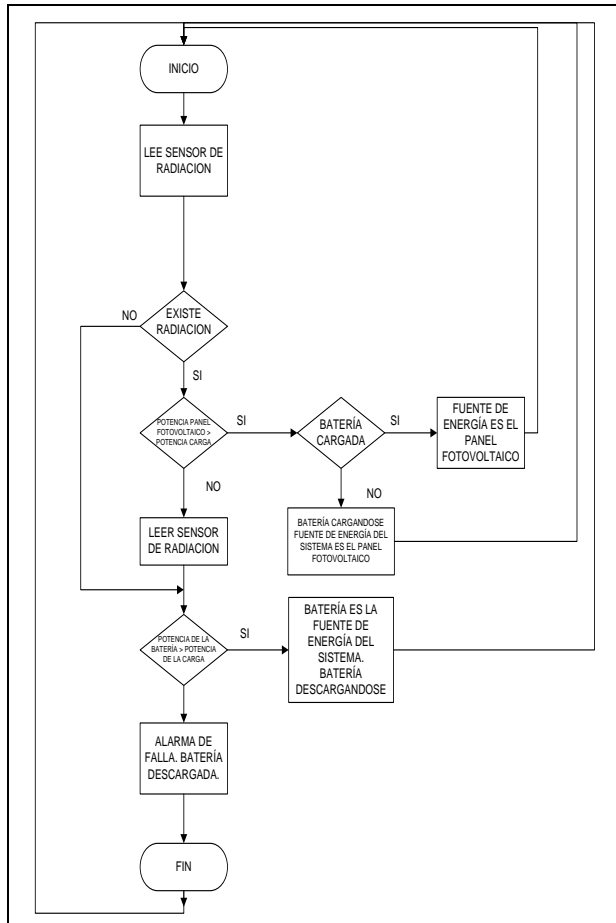


Figura 7. Diagrama del proceso de suministro de energía

6.1. Pantallas de la simulación

6.1.1. Estado de los componentes. Se visualizara el estado de los sensores que están operando, las potencias que consumen cada uno de los sensores, el estado de la batería, el estado de la comunicación del PLC y el estado del equipo que transmitirá los datos obtenidos por los sensores.

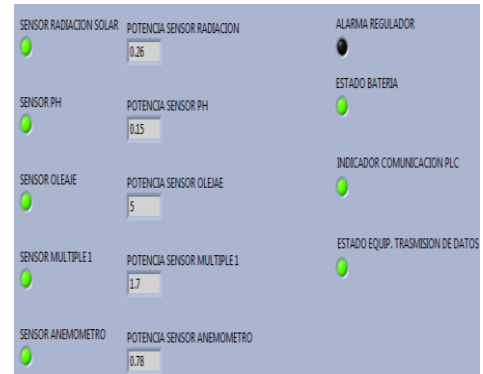


Figura 8. Estado de los componentes

6.1.2. Botones de simulación de fallas. Se puede visualizar las diferentes botoneras que controlan los equipos utilizados en el sistema, con las cuales se podrá simular las posibles fallas que podrían ocurrir en cualquiera de los equipos durante el periodo de operatividad.

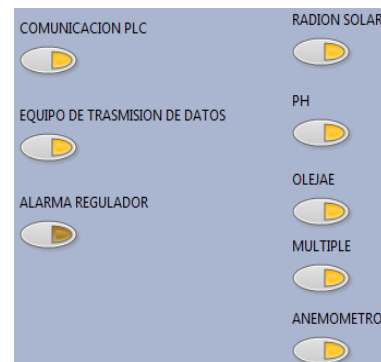


Figura 9. Botones de la simulación de fallas

6.1.3. Estado de la batería. Se visualizara la simulación de la radiación solar existente en ese momento, además de visualizar la potencia total que consume el sistema y la potencia generado en ese momento de acuerdo a la cantidad de radiación solar, también se puede visualizar la cantidad en porcentaje de carga que tiene la batería, al momento que se encuentra operando la batería se visualiza mediante sus diferentes indicadores las etapas tales como la batería completamente cargada, batería cargándose, batería descargándose, batería en condición crítica, batería muerta y el tiempo de operación de la misma, tal como se observa en la figura 10.

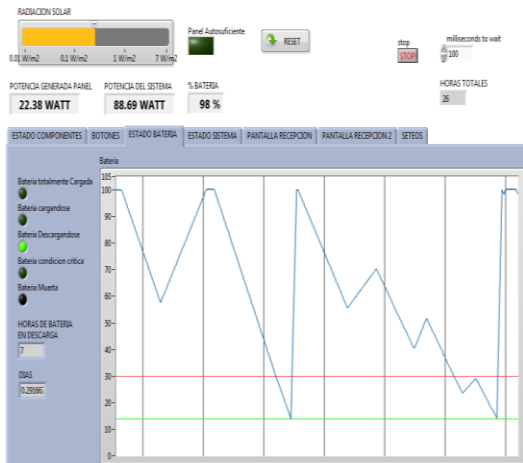


Figura 10. Estado de la batería.

6.1.4. Estado del sistema. Se visualizara en la pantalla de la izquierda la potencia que genera el panel fotovoltaico y en la pantalla de la derecha se podrá observar la potencia que consume la carga, su perfil dependerá del estado de la batería y de la potencia que genere el panel fotovoltaico, para lo cual en el momento de que el estado de la batería sea menor al 30%, la carga del sistema se reducirá con el fin de optimizar el restante de energía eléctrica, garantizando la transmisión de la información y ampliando el tiempo de recuperación del gestor energético.

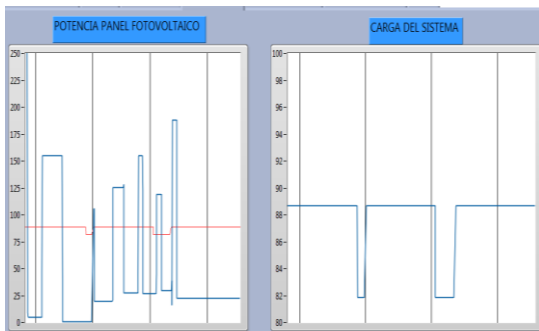


Figura 11. Estado del sistema

6.1.5. Pantallas de recepción. Estas pantallas son las que se visualizaran desde el centro de control de la boya, donde se muestran las gráficas de todas las variables que se han considerado, con sus respectivos rangos de operación indicadores de alarma cuando sobrepasen los valores máximo o mínimos seteados, y además existen unos indicadores de posición con los cuales se simulará los determinados cambios bruscos en el clima. Ver figura 12 y 13.

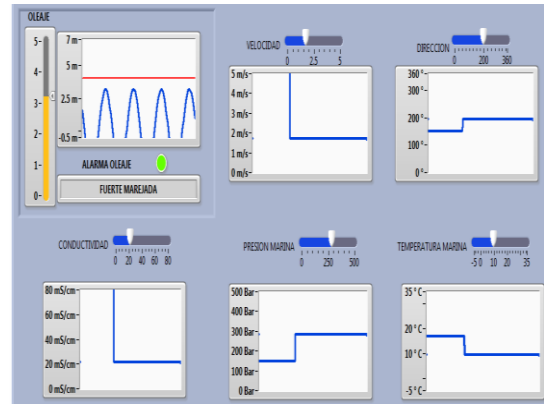


Figura 12. Pantalla de recepción

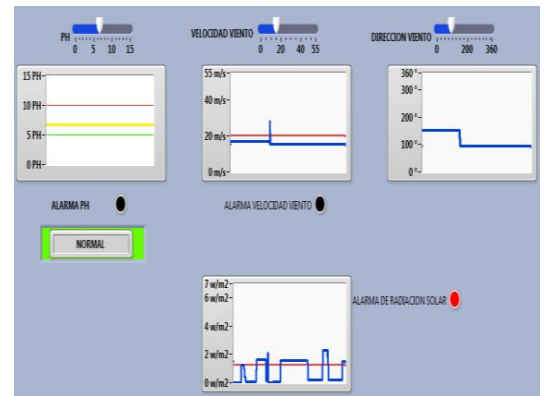


Figura 13. Pantalla de recepción 2

6.1.6. Configuración de las alarmas. En esta pantalla se configurarán los niveles para la activación de las diferentes alarmas de los sensores, también se visualizará el valor de desviación y el valor de manera porcentual, el estado actual en donde está simulando el sistema.

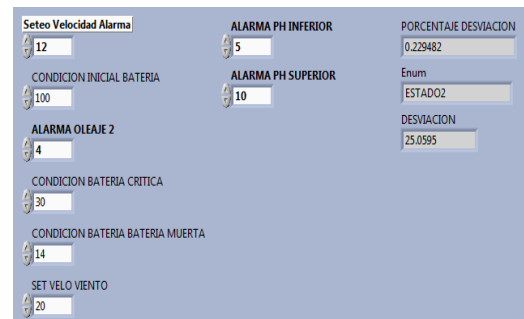


Figura 14. Configuración de alarmas

7. Conclusiones

Basados en los resultados obtenidos, se concluye que:

El suministro de energía eléctrica proveniente de los paneles solares es tan sostenible que con un valor mayor a 0,904 Kwh/día/m² de radiación solar proporcionará la energía suficiente para suplir al sistema de monitorización y para cargar a la batería.

Si se presentara algún evento climático alrededor de la boya, es decir que la radiación solar sea nula, existirá el respaldo suficiente de energía en las baterías. el diseño garantizará que el suministro durará alrededor de 4 días y medio, sin interrupción.

Se desarrolló el sistema de suministro de energía híbrido contemplando una reserva del 25% por incremento de carga, es decir, capacidad para ampliaciones futuras hacia el desarrollo de nuevas aplicaciones, con total garantía de una fuente de energía eléctrica confiable y sostenible.

Con la simulación realizada se corrobora la correcta selección de los equipos y el buen desempeño en el tiempo de nuestro sistema de generación de energía eléctrica para la aplicación de monitorización de las variables meteorológicas y oceanográficas.

Los sensores y equipos de comunicación fueron escogidos, reflejándose esto en los resultados de bajo consumo del sistema.

Para nuestra aplicación no hubo la necesidad de instalar Ultracapacitores debido a que son despreciables los picos de potencia de la carga, es decir nuestro gestor de energía eléctrica es capaz de entregar la potencia DC necesaria.

De acuerdo al Manual del CONELEC con fines de generación eléctrica, se debió haber utilizado solo tres paneles fotovoltaicos, debido a la técnica del redondeo que ellos aplican, por lo que, para dar mayor capacidad al sistema se procedió a escoger el número inmediato superior, es decir, cuatro.

8. Recomendaciones

Los equipos seleccionados para la adquisición, comunicación y transmisión de datos, que se proponen en este proyecto, deberán mantenerse al momento de la implementación, para garantizar la eficiencia del sistema.

Como fuente de energía alternativa para el suministro de energía eléctrica para los equipos dentro de la boya, se recomienda la instalación de sistemas de generación de energía alternativa como la undimotriz o

eólica, debido a que el ambiente y/o escenario donde se instalará, si es fuente de estos recursos.

Para garantizar la continuidad del sistema de suministro de energía eléctrica para la boya, es necesario realizar un plan de mantenimiento preventivo con el fin de evitar interrupciones al sistema.

9. Bibliografía

[1] Asamblea Nacional de la República del Ecuador. 16 de Julio del 2012. Proyecto de Ley del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos. [En línea] [Citado el 20 de Septiembre del 2014]:

[https://www.ifrc.org/docs/IDRL/Ecuador%20Iniciativa del Proyecto 11.pdf](https://www.ifrc.org/docs/IDRL/Ecuador%20Iniciativa%20del%20Proyecto%2011.pdf).

[2] CELASA. Paneles Fotovoltaicos. [En línea] [Citado el 20 de Diciembre del 2014]: <http://www.celasa.biz>

[3] Castillo Daniel. Introducción a la Mecatrónica. 16 de Noviembre del 2012. [En línea] [Citado el 22 de Septiembre del 2014]: <http://1512786.blogspot.com/2012/11/21-sensores-y-transductores.html>

[4] Afinidad eléctrica. Ultracapacitores. [Citado el 22 de Septiembre del 2014]: <http://www.afinidadelectronica.com.ar>

[5] Rangel Piñero, Almeida Eduardo. Instrumentación y Control. 6 de Mayo del 2008. [En línea] [Citado el 22 de Septiembre del 2014]: <http://instrumentacionycontrol.blogspot.com>

[6] RockWell Automation. Computadoras Industriales. [En línea] [Citado el 22 de Septiembre del 2014]: <http://ab.rockwellautomation.com>

[7] National Instruments. Software de desarrollo de sistemas NI LABVIEW.] [Citado el 22 de Septiembre del 2014]: <http://www.ni.com>

[8] Jolly Adrian. Datalogging and Supervisory Control (DSC).[Citado el 24 de Septiembre del 2014]: <http://www.ajolly.com.mx>

[9] RCJ POWER. Paneles solares monocristalinos de 12V. [Citado el 10 de Octubre del 2014]: <http://www.rgjpower.com>

[10] Autosolar. Batería Gel 12V 130 Ah VictorEnergy. [Citado el 12 de Octubre del 2014]: <https://autosolar.es>

[11] SOLBIAN. Charge Controllers. [Citado el 15 de Octubre del 2014]: <http://www.solbian.eu>

[12] G.I.S Ibérica. Anemómetros y Termoanemómetros. [Citado el 17 de Octubre del 2014]: <http://www.gisiberica.com>

[13] SIDMAR. Instrumentación Oceanográfica. [Citado el 20 de Octubre del 2014]: <http://www.sidmar.es>

[14] Apogee Instruments. Piranómetros. [Citado el 22 de Octubre del 2014]: <http://www.apogeeinstruments.co.uk>

[15] STEVENS. Water Quality Sensor. [Citado el 24 de Octubre del 2014]: <http://www.stevenswater.com>

[16] VALEPORT. Current Meters. [Citado el 25 de Octubre del 2014]: <http://www.valeport.co.uk>

[17] BASC E.I.R.L. Modular and Programmable Logic Controller.[Citado el 30 de Octubre del 2014]: <http://www.basc.cl>.

[18] SINTRONES. Industrial PC. [Citado el 31 de Octubre del 2014]: <http://www.directindustry.com>.

[19] LA MAQUINISTA VALENCIANA. Balizas Destelladoras de Luz. [Citado el 1 de Noviembre del 2014]: <http://www.lmvsa.com>.

[20] CONELEC. Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica. Agosto del 2008. [Citado el 4 de Noviembre del 2014]: <http://www.conelec.gob.ec>.