

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“SISTEMA HÍBRIDO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA (BAT+UC+PV) DE BAJA POTENCIA PARA APLICACIÓN EN MONITORIZACIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS EN ENTORNOS MARÍTIMOS.”**

## **TESINA DE SEMINARIO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMATIZACIÓN**

Presentada por:

**JAVIER DE JESÚS LEÓN PIGUAVE**  
**BRANDO ÍVAN SANUNGA SÁNCHEZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2015**

# AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, porque sin él en nuestras vidas, no se hubiera podido concluir esta carrera profesional. A mis Padres porque con su guía y apoyo me permitieron empezar a recorrer éste camino, sin ellos no hubiera sido igual, especialmente a mi Mami Angelita. A mi esposa, su empuje y ánimos, permitieron que todo esto se haga realidad. A todos los integrantes de mi familia, todos sus consejos rindieron grandes frutos. A mis amigos del trabajo y al PhD. Wilton Agila, por su gran apoyo al desarrollar nuestra tesina.

## **Javier León Piguave**

Mi agradecimiento ante todo a DIOS, a mi madre, ya que todo lo que he logrado es gracias a ella, por su apoyo incondicional, por el esfuerzo de día a día, para que yo logre todos mis objetivos, y así que se sienta orgullosa de mí, a mi esposa e hija, de igual manera a mi compañero de tesina y su familia. Agradezco a la ESPOL, a todos los profesores que de uno u otra manera me guiaron con sus enseñanzas para afrontar las adversidades de la vida, al PhD. Wilton Aguila por su tutoría, sus experiencias e interés en la concepción de este proyecto.

## **Brando Sanunga Sánchez**

# DEDICATORIA

A mi esposa y a mis hijos, que son mi fuente de inspiración y de lucha en la vida.

**Javier León Piguave**

Les dedico este proyecto a mi hija y a mi madre, que es la que siempre ha estado junto a mí, desde cuando empecé este reto.

**Brando Sanunga Sánchez**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wilton Aguila', written over a horizontal line.

PhD. Wilton Aguila

**PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fernando Vaca', written over a horizontal line.

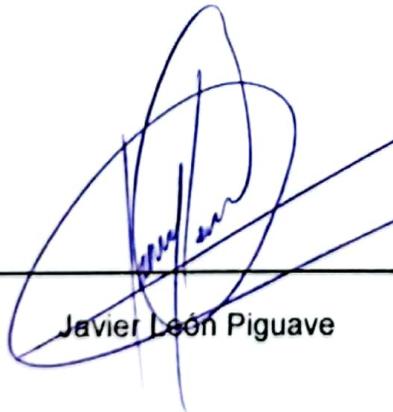
Ing. Fernando Vaca

**PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA**

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesina, nos corresponde exclusivamente, y el Patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Javier León Piguave



Brando Sanunga Sánchez

## RESUMEN

Los cambios climáticos y fenómenos naturales han destruido poblaciones enteras, provocando daños irremediables en muchos países del mundo, por lo que, si se pudiera reducir de alguna manera su impacto, sería de mucha importancia para así prevenir pérdidas humanas y materiales. Uno de los fenómenos naturales, que en la última década han llamado la atención de la población mundial, han sido los Tsunamis. Debido a aquello es de mucha importancia tener información certera y en tiempo real, de los efectos que éste fenómeno provoca, para así, inmediatamente dar una señal de alerta a las poblaciones cercanas que resultarán afectadas, y evitar que muchas vidas humanas perezcan. Para medir y poder observar estos parámetros meteorológicos y oceanográficos remotamente obtenidos, es necesario garantizar a los equipos de monitoreo y de transmisión un suministro de energía eléctrica confiable, segura y constante. Para este tipo de aplicaciones el suministro de energía deberá ser obtenido de alguna fuente de energía natural 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.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA .....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA.....	V
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.3 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	4
1.4 ALCANCE .....	4
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1 OBJETIVOS GENERALES .....	5
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.6 RESULTADOS ESPERADOS .....	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 OCEANOGRAFÍA .....	8
2.2 METEOROLOGÍA .....	8
2.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA .....	8
2.3.1 PANELES SOLARES.....	8
2.3.2 BATERÍA O ACUMULADOR.....	9
2.3.3 REGULADOR DE CARGA .....	10

2.4	SENSOR .....	11
2.5	ULTRACAPACITORES.....	11
2.6	EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN. ....	12
2.6.1	PLC .....	12
2.6.2	COMPUTADORA INDUSTRIAL.....	13
2.6.3	LABVIEW.....	13
2.6.4	MÓDULOS DSC.....	15
	CAPÍTULO 3.....	17
3.	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	17
3.1	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA .....	18
3.1.1	PANELES SOLARES.....	18
3.1.2	BATERÍA O ACUMULADOR.....	19
3.1.3	REGULADOR DE CARGA .....	19
3.2	SENSORES PARA MEDIR LAS VARIABLES DEL SISTEMA.....	20
3.2.1	SENSOR PARA MEDIR EL VIENTO .....	20
3.2.2	SENSOR PARA MEDIR LA ALTURA DE LAS OLAS.....	22
3.2.3	SENSOR PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR.....	23
3.2.4	SENSOR PARA MEDIR EL PH.....	24
3.2.5	SENSOR OCEANOGRÁFICO MULTIVARIABLES.....	25
3.3	EQUIPOS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL .....	26
3.3.1	PLC .....	26
3.3.2	MÓDULOS DSC.....	27
3.3.3	COMPUTADORA INDUSTRIAL.....	28
3.4	ILUMINACIÓN DE LA BOYA .....	28
3.5	EQUIPO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.....	29
	CAPÍTULO 4.....	30
4.	CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO .....	30
4.1	DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO.....	31
4.2	DEMANDA Y CONSUMO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	31
4.3	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	33

4.3.1 ECUACIONES A UTILIZAR .....	33
4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	40
CAPÍTULO 5.....	43
5. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN .....	43
5.1 PANTALLAS DE LA SIMULACIÓN.....	45
5.1.1 ESTADO DE LOS COMPONENTES.....	45
5.1.2 BOTONES DE SIMULACIÓN DE FALLAS.....	46
5.1.3 ESTADO DE LA BATERÍA .....	47
5.1.4 ESTADO DEL SISTEMA .....	48
5.1.5 PANTALLAS DE RECEPCIÓN.....	49
5.2 PANTALLAS DE LOS ESTADOS .....	52
5.2.1 INICIALIZACIÓN DE LAS VARIABLES-ESTADO 0.....	52
5.2.2 COMUNICACIÓN DEL PLC-ESTADO 1.....	53
5.2.3 TRANSMISIÓN DE DATOS-ESTADO 2.....	53
5.2.4 OPERATIVIDAD DEL REGULADOR-ESTADO 3 .....	54
5.2.5 INFORMACIÓN DE LA BATERÍA-ESTADO 4.....	55
5.2.6 INFORMACIÓN DE LOS SENSORES-ESTADO 5.....	56
5.2.7 CONSUMO DE LOS SENSORES-ESTADO 6 .....	57
5.2.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL SISTEMA-ESTADO 7 .....	58
5.2.9 SUFICIENCIA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO-ESTADO 8 .....	59
5.2.10 ENERGÍA DEL PANEL FOTOVOLTAICO-ESTADO 9.....	60
5.2.11 CONDICIONES DE LA BATERÍA-ESTADO 10.....	60
5.2.12 PORCENTAJE DE CARGA DE LA BATERÍA-ESTADO 11 .....	61
5.2.13 DESCARGA DE LA BATERÍA- ESTADO 12.....	61
5.2.14 CONDICIÓN CRÍTICA DE LA BATERÍA-ESTADO 13 .....	62
5.2.15 CONDICIÓN DE BATERÍA MUERTA-ESTADO 15 .....	63
5.2.16 SENSOR DE OLEAJE-ESTADO 16.....	63
5.2.17 GRAFICACIÓN DE DATOS DE SENSORES-ESTADO 17.....	64
5.2.18 SENSOR DE PH- ESTADO 18.....	65
5.2.19 SENSOR PARA MEDIR EL VIENTO-ESTADO 19 .....	66

5.2.20 ERRORES DEL SISTEMA-ESTADO 41 ..... 67  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 68  
BIBLIOGRAFÍA..... 71

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍAS

A	Amperios
Ah	Amperios hora
CL	Consumo de las cargas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONELEC	Consejo nacional de electricidad
DR	Días de reserva
DSC	Dataloggong and supervisory control
FS	Factor de seguridad del sistema (perdidas del sistema)
FSC	Factor de seguridad del controlador
GPS	Sistema de posicionamiento global (global positioning system)
IB	Capacidad nominal del banco de baterías
IBC	Capacidad corregida banco de baterías
ICCFV	Corriente de cortocircuito de un módulo fotovoltaico
IEC	Cálculo de corriente de entrada del controlador
I <sub>FL</sub>	Corriente dc con factor de seguridad
I <sub>FL</sub>	Corriente en dc total diaria
ILDC	Corriente diaria dc
INB	Capacidad nominal de la batería a usar
INOCAR	Instituto oceanográfico de la armada del ecuador
IPP	Corriente pico (módulo a utilizar)
IPS	Corriente pico del sistema
IPS	Corriente pico del sistema
ISC	Cálculo de corriente de salida del controlador
Kg	Kilogramos

m/s	Metros por segundo
mA	Miliamperios
Mm	Milímetros
NBP	Arreglo de batería en paralelo
NBS	Número de batería en serie
NMP	Arreglo de módulos
NMP	Total arreglo de módulos en paralelo
NT	Número total de módulos
NTB	Número total de baterías
NTB	Número de módulos fotovoltaico en paralelo
NTBP	Arreglo de baterías en paralelo
NTBS	Arreglo de baterías en serie
°C	Grados centígrados
PC	Computadora personal
PD	Profundidad de descarga (70 % )
PDCL	Potencia dc de las cargas
pH	Potencial de hidrogeno
PLC	Programmable logic controller
RS	Radiación solar
RV	Relación por voltaje
SCADA	Sistema de control, adquisición y supervisión
V	Voltio
VB	Tensión nominal de cada batería
VB	Voltaje de la batería
VI's	Virtual instruments
VM	Tensión dc del módulo
VS	Tensión dc del sistema
VS	Tensión dc del sistema

VS	Tensión nominal del sistema
W	Vatios
W/m <sup>2</sup>	Vatios por metro cuadrado
Wp	Vatios pico

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Panel fotovoltaico.....	9
Figura 2.2	Batería .....	10
Figura 2.3	Regulador de carga .....	10
Figura 2.4	Sensores.....	11
Figura 2.5	Ultra Capacitores .....	12
Figura 2.6	Controlador Lógico Programable .....	12
Figura 2.7	PC Industrial. ....	13
Figura 3.1	Regulador Wrl-30.....	20
Figura 3.2	Anemómetro An025.....	21
Figura 3.3	Sensor Sm - 140.....	22
Figura 3.4	Sensor Sp – 214 .....	23
Figura 3.5	Sensor PH .....	24
Figura 3.6	Sensor Midas Ecm.....	26
Figura 3.7	DI06 PLC .....	27
Figura 3.8	Módulos DI05/06 PLC.....	27
Figura 3.9	PC SBOX - 2150.....	28
Figura 3.10	Linterna Marina.....	29
Figura 5.1	Diagrama del Proceso de Suministro de Energía .....	44
Figura 5.2	Estado de los Componentes.....	45
Figura 5.3	Estado de los Componentes Evidenciando Errores.....	46
Figura 5.4	Botones de Simulación de Fallas.....	46
Figura 5.5	Estado de la Batería .....	47
Figura 5.6	Estado del Sistema .....	48
Figura 5.7	Pantalla de Recepción .....	49
Figura 5.8	Pantalla de Recepción 2.....	50

Figura 5.9 Configuración de Alarmas.....	51
Figura 5.10 Inicialización de las Variables .....	52
Figura 5.11 Comunicación del PLC .....	53
Figura 5.12 Transmisión de datos.....	53
Figura 5.13 Operatividad del Regulador .....	54
Figura 5.14 Información de la batería .....	55
Figura 5.15 Información de los sensores .....	56
Figura 5.16 Consumos de los sensores.....	57
Figura 5.17 Cálculo de la Potencia del Sistema Fotovoltaico .....	58
Figura 5.18 Suficiencia del sistema Fotovoltaico .....	59
Figura 5.19 Energía del Panel Fotovoltaico .....	60
Figura 5.20 Condiciones de la Batería.....	60
Figura 5.21 Porcentaje de carga de la batería.....	61
Figura 5.22 Descarga de la batería.....	61
Figura 5.23 Condición crítica de la batería .....	62
Figura 5.24 Condición de batería muerta.....	63
Figura 5.25 Sensor de Oleaje .....	63
Figura 5.26 Graficación de datos de los sensores .....	64
Figura 5.27 Sensor de PH .....	65
Figura 5.28 Datos del sensor para medir el viento.....	66
Figura 5.29 Errores del Sistema .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características del panel fotovoltaico.....	18
Tabla 2	Características de la Batería.....	19
Tabla 3	Características Wrl-30.....	20
Tabla 4	Características Del Anemómetro An025.....	21
Tabla 5	Características Sm-140.....	23
Tabla 6	Características Del Sp-214.....	24
Tabla 7	Características del sensor PH.....	25
Tabla 8	Características Del Sensor Midas Ecm.....	26
Tabla 9	Consumos y demandas del sistema de monitorización.....	32
Tabla 10	Resumen de las fórmulas a utilizar.....	38
Tabla 11	Resumen del dimensionamiento del Panel Fotovoltaico.....	40

# **CAPÍTULO 1**

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se plantea la necesidad de tener un medio de aviso para detectar los fenómenos naturales que se originan en el mar, la propuesta que se propone para resolver dicho problema, los motivos que llevan a desarrollar el tema y las limitaciones que tiene este proyecto.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales originados en el mar son un problema que se viven 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, y así provoca mucha destrucción, generando conmoción, desesperación y crisis económica a nivel mundial.

Como un instrumento de alerta y reducción de los efectos ocasionados por los fenómenos naturales, se desarrolla este proyecto.

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, el cual suministrará la energía suficiente para garantizar el correcto y continuo desempeño de los mismos.

Se consideró adicionar equipos para medir las variables que se indican en el Proyecto de Ley del sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, presentado en la Asamblea Nacional, en el que se indica en el artículo 37 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.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

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

### **1.3 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

En Ecuador no existen este tipo de sistemas, que se encargan de monitorear y supervisar los parámetros oceanográficos y atmosféricos, por lo que surgió un problema por parte del INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DEL ECUADOR (INOCAR) y llegando un comunicado pidiendo colaboración a la FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y COMPUTACIÓN 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 de nuestro proyecto es dar suministro eléctrico a los equipos involucrados en la boya con este tipo de energía renovable.

### **1.4 ALCANCE**

Como lo dice el tema de nuestro proyecto, se desarrollará un gestor híbrido obtenido de energía solar, para aplicaciones como boyas de monitorización en el mar, para así alertar de los posibles fenómenos naturales que ocurran, a sabiendas de que no solo existe una sola fuente de energía renovable como es la energía solar, por lo que, al gestor podría también obtener energía de fuentes alternativas como la energía undimotriz y la energía eólica.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 OBJETIVOS GENERALES**

Desarrollar un gestor energético híbrido de suministro de energía (Panel Fotovoltaico + Ultracapacitores + Batería) para optimizar el rendimiento del flujo de la energía demandada por parte de la carga. En el proyecto los equipos que se utilizarán en la boya marina, serán para la adquisición y transmisión de los datos.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Buscar una aplicación para poder adaptar y poder poner en servicio un panel fotovoltaico que se utilizará como fuente principal de energía para nuestra boya marina, la que a su vez transmitirá datos (Emisor-Receptor) obtenidos en tiempo real.

Considerar en el diseño del gestor energético cargas adicionales, basándose en el proyecto de Ley del sistema Nacional Descentralizado de Gestión De Riesgos que servirá como punto de partida para investigaciones futuras.

## **1.6 RESULTADOS ESPERADOS**

Tener una boya marina estacionaria, en óptimas condiciones para que esté operativa los 365 días del año, las 24 horas del día, bajo

cualquier situación climática, tomando datos y al mismo tiempo enviándolos a sus centros de acopios, para así poder detectar a tiempo cualquier tipo de fenómeno natural que llegara a producir y así evitar las posibles catástrofes que esta ocasiona en las poblaciones cercanas.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

Se enfocará en explicar la teoría de todas las partes involucradas que se utilizarán en el sistema de generación energético.

## **2.1 OCEANOGRAFÍA**

Es una rama de la geografía que estudia los mares y los océanos, además de todo lo que se relaciona con la hidrósfera, también es denominada como ciencia del mar.

## **2.2 METEOROLOGÍA**

La meteorología es la ciencia que se encarga de estudiar los fenómenos que ocurren en la atmósfera, es decir, donde se desarrolla la vida.

## **2.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA**

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

### **2.3.1 PANELES SOLARES**

Un panel solar o módulo solar es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar.

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten los rayos solares en electricidad. Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los

crisales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo.

La potencia de un módulo solar se mide en Wp (vatio pico), se trata de la potencia eléctrica generada en condiciones estándares para la incidencia de luz [2].

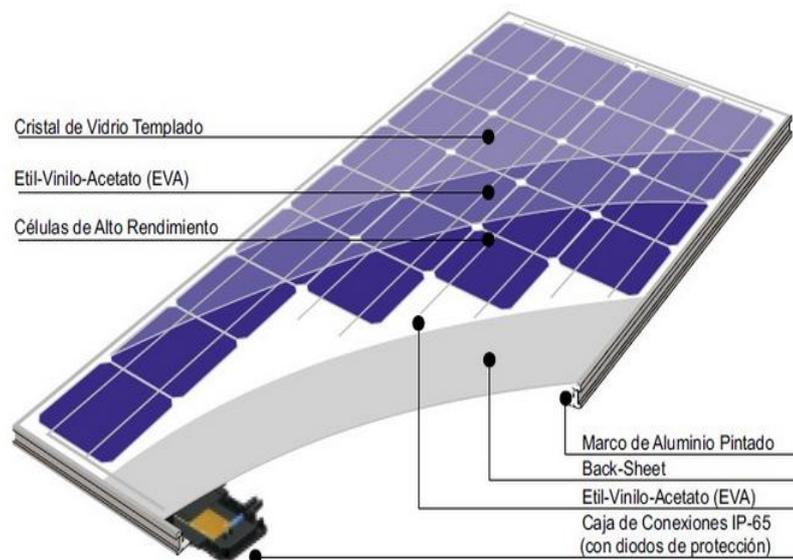


Figura 2.1 Panel fotovoltaico.

### 2.3.2 BATERÍA O ACUMULADOR

Es el elemento que almacena la energía producida por los paneles solares, permitiendo suministrar dicha energía hacia

la carga cuando hay ausencia de radiación solar. Tienen una vida determinada y pueden ser contaminantes.



Figura 2.2 Batería.

### 2.3.3 REGULADOR DE CARGA

Es el equipo encargado de proteger a la batería de cualquier eventualidad como la sobrecarga, controla constantemente el estado de la batería para así alargar su vida útil, además de asegurar que el sistema opera ininterrumpidamente.



Figura 2.3 Regulador de carga.

## 2.4 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].



Figura 2.4 Sensores.

## 2.5 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].



Figura 2.5 Ultra Capacitores.

## 2.6 EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN.

### 2.6.1 PLC

El Controlador Lógico Programable conocido por sus siglas PLC, es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático, que cuya función principal es la de controlar en tiempo real procesos secuenciales, que trabaja en base a la información recibida por los captadores de información conocidos como sensores [5].



Figura 2.6 Controlador Lógico Programable.

### 2.6.2 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 [6].



Figura 2.7 PC Industrial.

### 2.6.3 LABVIEW

LabVIEW es un software de programación gráfica 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. LabVIEW ofrece herramientas para resolver los problemas de hoy en día y la capacidad para la futura innovación, más rápido y de manera más eficiente. El software LabVIEW es ideal para

cualquier sistema de medidas y control, y además es el corazón de la plataforma de diseño de NI.

El lenguaje utilizado para programar en él se llama “Lenguaje G, donde la “G” simboliza que es un lenguaje de tipo gráfico, los programas desarrollados en Labview se llaman VI’s (Virtual Instruments), su origen provenía del control de instrumentos.

Los programas se dividen en dos partes bien diferenciadas, una llamada “Panel Frontal”, y otra “Diagrama de Bloques”.

En el panel frontal, se encontrará todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal, es decir el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI. Se puede observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, cuando se está ejecutando un programa VI [7].

#### 2.6.4 MÓDULOS ANALÓGICOS

Es un módulo adicional para LabVIEW que ofrece la capacidad 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.

Con el Módulo NI LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC), se puede desarrollar de manera interactiva un sistema de monitoreo y control distribuidos con E/S que pueden ir desde algunas decenas hasta miles. Este módulo incluye herramientas para ayudar en la comunicación con controladores lógicos programables (PLCs) convencionales, controladores de automatización programables como dispositivos NI CompactRIO, o para registrar información a bases de datos históricas, administrar alarmas y eventos y desarrollar interfaces humano-máquina, todo en el entorno LabVIEW.

El módulo DSC (Data and Supervisión Control) permite implementar sistemas de control, adquisición y supervisión (SCADA) de una manera sencilla. Este módulo añade herramientas de desarrollo en LabVIEW para [8]:

- Configurar el sistema de medida y control.
- Realizar históricos y gráficos de tendencia.
- Fijar alarmas y eventos.
- Comunicar LabVIEW con autómatas comerciales, Servidores OPC y otros dispositivos de control.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS**

Se detallarán los diferentes equipos y tecnología que se van a utilizar en el proyecto.

### 3.1 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

#### 3.1.1 PANELES SOLARES

El panel fotovoltaico que se utilizará para el proyecto es el Monocristalino Solar Power de la empresa RCJ POWER, debido a la calidad y a costos del mercado [9].

Tabla 1 Características del panel fotovoltaico.

150W Panel Solar Monocristalino ( Sistema 12V )	
Especificación de un MÓDULO solar monocristalino 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 <sup>2</sup> 25°C
Certificaciones.	CE, ISO9001-2000

### 3.1.2 BATERÍA O ACUMULADOR

La batería que se escogió para el proyecto es la VICTRON ENERGY 12 V 130 Ah [10].

Tabla 2 Características 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

### 3.1.3 REGULADOR DE CARGA

El regulador que se utilizará en el proyecto es el WRL30 como se lo puede observar en la figura 3.1, comercializado por la empresa Western Co., en referencia a la carga que se instalará y a sus características para entornos marinos, como podemos observar en la tabla 3 [11].



Figura 3.1 Regulador Wri-30.

Tabla 3 Características Wri-30.

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

## 3.2 SENSORES PARA MEDIR LAS VARIABLES DEL SISTEMA

### 3.2.1 SENSOR PARA MEDIR EL VIENTO

El sensor que se escogió para medir esta variable es el ANENOMETRO AN025. La selección del equipo se debió a que éste proporciona una o dos salidas de 4-20mA con gran resolución, precisión y fiabilidad, además porque incorpora

una señal independiente de fallo en el sensor y 4 alarmas programables por software que pueden conectarse a una placa de relés o a las entradas de un registrador digital [12].



Figura 3.2 Anemómetro An025.

Tabla 4 Características Del Anemómetro An025.

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

### 3.2.2 SENSOR PARA MEDIR LA ALTURA DE LAS OLAS

El sensor que se eligió para medir esta variable es el SM-140 RANGE FINDER.

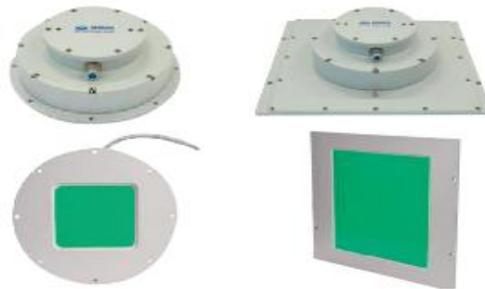


Figura 3.3 Sensor Sm – 140.

De entre los demás sensores existentes en el mercado éste emite una señal chip microondas FM y recibe el eco de la superficie del agua. El retardo de propagación de la señal dada por la distancia desde la antena a la superficie del agua produce una señal de batido en el receptor. Por tanto, el sensor proporciona mediciones de distancia precisas y de alta estabilidad a largo plazo [13].

Tabla 5 Características Sm-140.

Frecuencia	9.4 - 9.8 GHz
Potencia de Salida	1 mW (0 dBm)
Ganancia	> 18 dB
Rango de medida	SM-140/W/01/20: 1-23 m
Voltaje	12 – 48 VDC (nominal 24 VDC)
Corriente	< 0,5 A at 24 VDC (10W)
Material	Aluminio EN AW 5052/EN AN 6082/Polietileno
Protección	IP67 (IEC/EN 60529)
Comunicación	RS-422 (Opcional RS-232)

### 3.2.3 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], tal como se lo visualiza en la tabla 6.



Figura 3.4 Sensor Sp- 214.

Tabla 6 Características Del Sp-214.

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

### 3.2.4 SENSOR PARA MEDIR EL PH.

Se optó por el sensor PH SENSOR Ph-100 para medir esta variable [15].



Figura 3.5 Sensor PH.

Fue seleccionado por sus características de operación y conexión, y a la gran demanda del equipo en el mercado por su bajo consumo.

Tabla 7 Características del sensor 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

### 3.2.5 SENSOR OCEANOGRÁFICO MULTIVARIABLES

Para medir la dirección, velocidad, temperatura, conductividad y presión del agua del mar se decidió por el sensor 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].



Figura 3.6 Sensor Midas Ecm.

Tabla 8 Características Del Sensor Midas Ecm.

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

### 3.3 EQUIPOS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

#### 3.3.1 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) controlador lógico programable (PLC) 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].

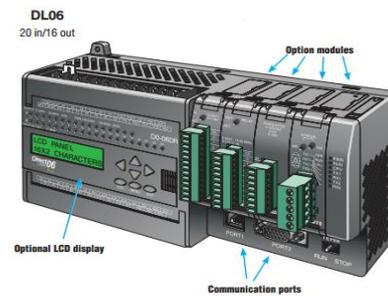


Figura 3.7 DI06 PLC.

### 3.3.2 MÓDULOS DSC

Los módulos que se utilizarán en el proyecto son DL05/06 E/S Módulos analógicas – 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 3.8 Módulos DI05/06 PLC.

### 3.3.3 COMPUTADORA INDUSTRIAL

La PC industrial que se utilizará para este proyecto será la SBOX-2150 y tiene las siguientes características [18]:

- Intel Atom D2550 Cedarview Dual Core.
- Soporta Sistema Operativo Embebido.
- Dual Gigabit Ethernet y 4 x RS-232.
- Amplia Rango de funcionamiento: -20 ~ 60 ° C.
- Ultra delgado (40 mm), tamaño compacto y sin ventilador.
- DC 12V Potencia de entrada.



Figura 3.9 PC SBOX – 2150.

### 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 acuerdo a sus características especiales tales como: su resistencia al ambiente marino, bajo consumo y a la incorporación de un espantapájaros [19].



Figura 3.10 Linterna Marina.

### **3.5 EQUIPO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS**

El proyecto se enfoca principalmente en el suministro de energía eléctrica, y no se centra en la eficiencia de la transmisión de la información, es decir, el diseño es capaz de suministrar energía a cualquier equipo de transmisión de datos sin que el tipo de comunicación sea un limitante.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO**

Se explicará los cálculos necesarios para poder dimensionar los paneles solares, el banco de baterías, el regulador, etc., en base a las características de los equipos seleccionados anteriormente.

Se determinaran los consumos parciales de cada uno de los elementos y el consumo total que conforma el proyecto.

#### **4.1 DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO**

Para el diseño del gestor energético se utilizara como metodología de trabajo la guía del CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) con fines de generación eléctrica, en la cual toman como referencia el atlas solar del Ecuador, creado como incentivo para utilizar energías limpias que promuevan el desarrollo [20].

#### **4.2 DEMANDA Y CONSUMO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

En la tabla 9 se muestran los valores de corrientes, rangos de voltajes, consumos, horas de operación y valor de energía de cada uno de los equipos que se utilizará en el proyecto.

Tabla 9 Consumos y demandas del sistema de monitorización.

SENSORES					
Parámetro a Sensar:	Amperaje [A]	Potencia [W]-12V	Voltaje [VDC]	Horas de uso	Energía [Wh]
Sensor Oceanográfico multivariables (Corriente marina, Dirección, Presión, Conductividad, Turbidez, Temperatura)	0,14	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- Transmisión de datos	1,5	18	12	4	72
Luz Baliza	0,3	3,6	12	4	14,4
Subtotal de consumo		87,91			1.576,66
Reserva		25%			25%
<b>Total Consumo</b>		<b>109,89</b>			<b>1970,82</b>
Voltaje del sistema					12

### 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el diseño del panel fotovoltaico se escogió el procedimiento del Atlas Solar del Ecuador, con fines de generación eléctrica según el Consejo Nacional de Electricidad.

Como paso inicial, se debe considerar el consumo total de energía eléctrica que demandaría el sistema, tomando en cuenta las potencias de los equipos a utilizar, es decir conocer sus características, el tiempo de trabajo y las posibles ampliaciones para el futuro.

Ya obtenido el consumo diario total del sistema, voltaje de operación de los equipos (12 Vdc), y que la radiación solar promedio en ese punto es 6.6 Kwh/m<sup>2</sup>/día, se avanza con el desarrollo del sistema de generación. Cabe indicar que todos los elementos del sistema de monitoreo y comunicación, son de corriente directa.

#### 4.3.1 ECUACIONES A UTILIZAR

Para el desarrollo del gestor se utilizan las ecuaciones indicadas en la guía del atlas solar [19].

Obtenido el consumo total diario de las cargas ( $C_L$ ) y sabiendo el voltaje del sistema ( $V_S$ ), se encuentra la corriente diaria Dc ( $I_{LDC}$ ), tal como se lo visualiza en la ecuación 4.1.

$$I_{LDC} = \frac{C_L}{V_S} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Se aplica un factor de seguridad debido a las pérdidas del sistema ( $F_S$ ), para así obtener la corriente regularizada ( $I_{FL}$ ).

$$I_{FL} = I_{LDC} \times F_S \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Por lo tanto, se encontrará la Corriente pico del sistema ( $I_{PS}$ ) con la relación entre la corriente regularizada y la radiación solar en  $kwh/m^2/día$  ( $R_S$ ).

$$I_{PS} = \frac{I_{FL}}{R_S} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Con la información anterior se obtiene el número total de módulos, al dividir la corriente pico del sistema y la corriente pico del módulo a utilizar ( $I_{PP}$ ):

$$N_{MP} = \frac{I_{PS}}{I_{PP}} \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

La Relación por voltaje se obtiene al dividir el voltaje del sistema ( $V_S$ ) y el del módulo ( $V_M$ ).

$$R_V = \frac{V_S}{V_M} \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Con los resultados anteriores se encuentra el número total de módulos ( $N_T$ ) del sistema de generación fotovoltaica, como se lo indica en la ecuación 4.6.

$$N_T = N_{MP} \times R_V \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

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

$$I_B = I_{TDCD} \times D_R \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

Para el cálculo de la capacidad corregida del banco de baterías ( $I_{BC}$ ), se divide la corriente nominal del banco de baterías ( $I_B$ ) para la profundidad de descarga de la misma ( $P_D$ ), el cual debe de ser menor a uno, en este caso se escoge una profundidad del 70%.

$$I_{BC} = \frac{I_B}{P_D} \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

Para determinar cuántas baterías en paralelo se necesitará para suministrar energía al sistema ( $N_{BP}$ ), se utilizará la siguiente ecuación, dividiendo la corriente anterior corregida ( $I_{BC}$ ) para la corriente nominal de la batería que se ha escogido ( $I_{NB}$ ).

$$N_{BP} = \frac{I_{BC}}{I_{NB}} \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Cuando el valor  $N_{BP}$  contiene decimales, se procede a escoger el número inmediato superior, y se convierte en  $N_{TBP}$ .

Para determinar el número de baterías en serie del banco ( $N_{BS}$ ), es necesario aplicar la siguiente división entre la tensión del sistema ( $V_S$ ) y la tensión nominal de cada batería ( $V_B$ ), cuando el valor  $N_{BS}$  contiene decimales, se procede a escoger el número inmediato superior, y se convierte en  $N_{TBS}$ .

$$N_{BS} = \frac{V_S}{V_B} \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Mediante la siguiente ecuación se determinará el número total de baterías del sistema ( $N_{TB}$ ), al multiplicar el número de baterías en paralelo ( $N_{TBP}$ ) por el número de batería en serie ( $N_{TBS}$ ).

$$N_{TB} = N_{TBP} \times N_{TBS} \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Para escoger el controlador adecuado para el sistema, el primer paso a seguir es calcularla corriente de entrada del mismo ( $I_{EC}$ ), mediante la multiplicación de la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico ( $I_{CCFV}$ ), del factor de

seguridad del controlador  $F_{SC}$  (que para este caso se usará un factor de 1,25) y del número total de baterías ( $N_{TB}$ ).

$$I_{EC} = I_{CCFV} \times F_C \times N_{TB} \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

Para el cálculo de corriente de salida del controlador ( $I_{SC}$ ), se utilizará la ecuación donde se incluye el factor de seguridad del controlador ( $F_{SC}$ ), la potencia DC de la carga ( $P_{DCL}$ ) y el voltaje de la batería ( $V_B$ ).

$$I_{SC} = \frac{F_{SC} \times P_{DCL}}{V_B} \quad \text{Ecuación (4.13)}$$

Tabla 10 Resumen de las fórmulas a utilizar.

<b>ECUACIONES PARA EL DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO</b>		
A1	CONSUMO DE LAS CARGAS	CL
<b>B</b>	<b>CORRIENTE PICO DEL MÓDULO</b>	
B1	TENSIÓN DC DEL SISTEMA	VS
B2	CORRIENTE DIARIA DC	$ILDC=CL/VS$
B3	FACTOR DE SEGURIDAD DEL SISTEMA (PÉRDIDAS DEL SISTEMA)	FS
B4	CORRIENTE DC CON FACTOR DE SEGURIDAD	$IFL=ILDC*FS$
B5	RADIACIÓN SOLAR	RS
B6	CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	$IPS=IFL/RS$
<b>C</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	
C1	CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	IPS
C2	CORRIENTE PICO (MÓDULO A UTILIZAR)	IPP
C3	ARREGLO DE MÓDULOS	$NMP=IPS/IPP$
C4	TOTAL ARREGLO DE MÓDULOS EN PARALELO (REDONDEAR AL SIGUIENTE NIVEL )	NMP
C5	TENSIÓN DC DEL SISTEMA	VS
C6	TENSIÓN DC DEL MÓDULO	VM
C7	RELACIÓN POR VOLTAJE	$RV=VS/VM$
C8	NÚMERO TOTAL DE MÓDULOS	$NT=NMP*RV$
<b>D</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS</b>	
D1	CORRIENTE EN DC TOTAL DIARIA(CORRIENTE DC CON FACTOR DE SEGURIDAD)	IFL
D2	DÍAS DE RESERVA	DR
D3	CAPACIDAD NOMINAL DEL BANCO DE BATERÍAS	$IB=IFL*DR$

D4	PROFUNDIDAD DE DESCARGA (70 % )	PD
D5	CAPACIDAD CORREGIDA BANCO DE BATERÍAS	$IBC=IB/PD$
D6	CAPACIDAD NOMINAL DE LA BATERÍA A USAR	INB
D7	ARREGLO DE BATERÍA EN PARALELO	$NBP=IBC/INB$
D8	ARREGLO DE BATERÍAS EN PARALELO (REDONDEAR)	NTBP
D9	TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA	VS
D10	TENSIÓN NOMINAL DE CADA BATERÍA	VB
D11	NÚMERO DE BATERÍA EN SERIE	$NBS=VS/VB$
D12	ARREGLO DE BATERÍAS EN SERIE (REDONDEAR)	NTBS
D13	NÚMERO TOTAL DE BATERÍAS	$NTB=NTBP*NTBS$
<b>E</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR</b>	
E1	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL UN MÓDULO FOTOVOLTAICO	ICCFV
E2	FACTOR DE SEGURIDAD DEL CONTROLADOR	FSC
E3	NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICO EN PARALELO	NTB
E4	CÁLCULO DE CORRIENTE DE ENTRADA DEL CONTROLADOR	$IEC=ICCFV*FSC*NTB$
E5	POTENCIA DC DE LAS CARGAS	PDCL
E6	VOLTAJE DE LA BATERÍA	VB
E7	CÁLCULO DE CORRIENTE DE SALIDA DEL CONTROLADOR	$ISC=FSC*PDCL/VB$

### 4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Para el diseño del sistema de generación de energía eléctrica que se instalara en una boya ubicada a 70 millas náuticas del golfo de Guayaquil, se utilizaron los datos del mapa solar del Ecuador considerando la radiación solar del punto de referencia.

En la siguiente tabla se observará de manera simplificada los valores obtenidos de las ecuaciones planteadas.

Tabla 11 Resumen del dimensionamiento del Panel Fotovoltaico.

<b>DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO</b>				
A1	CONSUMO DE LAS CARGAS	1.970,82	Wh/día	CL
<b>B</b>	<b>CORRIENTE PICO DEL MÓDULO</b>			
B1	TENSIÓN DC DEL SISTEMA	12	V	VS
B2	CORRIENTE DIARIA DC	164,24	Ah/día	ILDC
B3	FACTOR DE SEGURIDAD DEL SISTEMA (PÉRDIDAS DEL SISTEMA)	1,2		FS
B4	CORRIENTE DIARIA DC CON FACTOR	197,08	Ah/día	IFL
B5	RADIACIÓN SOLAR	6,6	Kwh/m <sup>2</sup> /día	RS
B6	CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	29,86	A	IPS
<b>C</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>			
C1	CORRIENTE PICO DEL SISTEMA	29,86	A	IPS

C2	CORRIENTE PICO (PANEL A UTILIZAR)	8,6	A	IPP
C3	ARREGLO DE MÓDULOS	3,47		NMP
C4	ARREGLO DE MÓDULOS EN PARALELO (REDONDEAR AL SIGUIENTE NIVEL )	4		NMP
C5	TENSIÓN DC DEL SISTEMA	12	V	VS
C6	TENSIÓN DC DEL MÓDULO	12	V	VM
C7	RELACIÓN POR VOLTAJE	1		RV
C8	NÚMERO TOTAL DE MÓDULOS	4		NT
<b>D</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS</b>			
D1	CORRIENTE EN DC TOTAL DIARIA	197,08	Ah	IFL
D2	DÍAS DE RESERVA	3		DR
D3	CAPACIDAD NOMINAL DEL BANCO DE BATERÍAS	591,25	Ah	IB
D4	PROFUNDIDAD DE DESCARGA (70 % )	0,7		PD
D5	CAPACIDAD CORREGIDA BANCO DE BATERÍAS	844,64	Ah	IBC
D6	CAPACIDAD NOMINAL DE LA BATERÍA A USAR	130	Ah	INB
D7	ARREGLO DE BATERÍA EN PARALELO	6,50		NBP
D8	ARREGLO DE BATERÍAS EN PARALELO (REDONDEAR)	7		NTB P
D9	TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA	12	V	VS
D10	TENSIÓN NOMINAL DE CADA BATERÍA	12	V	VB
D11	NÚMERO DE BATERÍAS EN SERIE	1		NBS
D12	ARREGLO DE BATERÍAS EN SERIE (REDONDEAR)	1		NTB S
D13	NÚMERO TOTAL DE BATERÍAS	7		NTB

<b>E</b>	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR</b>			
E1	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL UN MÓDULO FOTOVOLTAICO	8,9	A	ICCF V
E2	FACTOR DE SEGURIDAD DEL CONTROLADOR	1,25		FSC
E3	NÚMERO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICO EN PARALELO	4		NTB
E4	CÁLCULO DE CORRIENTE DE ENTRADA DEL CONTROLADOR	44,50	A	IEC
E5	POTENCIA DC DE LAS CARGAS	55,09	W	PDC L
E6	VOLTAJE DE LA BATERÍA	12	V	VB
E7	CÁLCULO DE CORRIENTE DE SALIDA DEL CONTROLADOR	5,74	A	ISC

## **CAPÍTULO 5**

### **5. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN**

En este capítulo se explicará por medio de la simulación en el programa LABVIEW como funcionará el gestor de energía eléctrica que se instalara en la boya. 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.

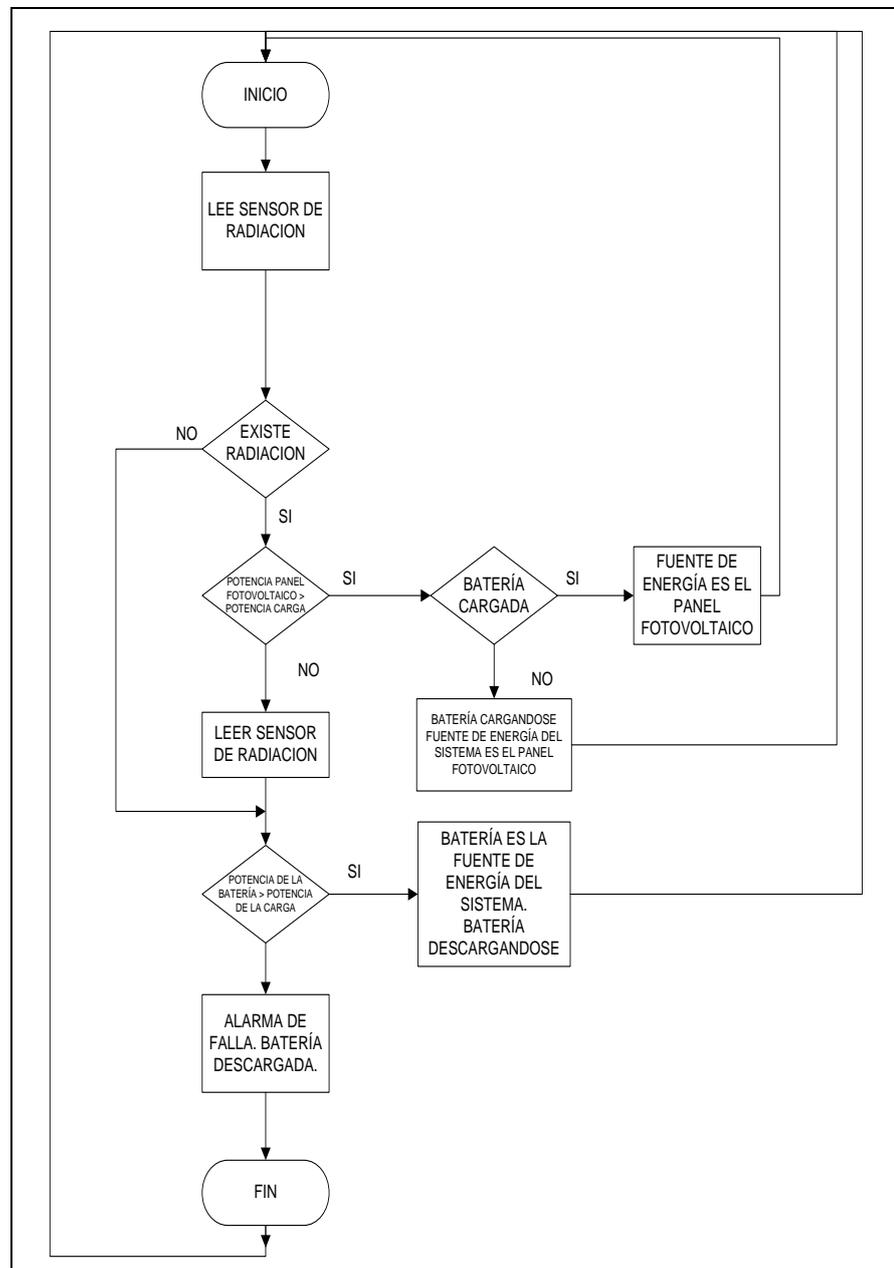


Figura 5.1 Diagrama del Proceso de Suministro de Energía.

## 5.1 PANTALLAS DE LA SIMULACIÓN

### 5.1.1 ESTADO DE LOS COMPONENTES



Figura 5.2 Estado de los Componentes.

En esta pantalla se puede visualizar el estado de los sensores que están operando, las potencias que consumen cada uno de los sensores, los estados de la batería, comunicación del PLC y del equipo que transmitirá los datos obtenidos por los sensores.

Si algún sensor tendría algún tipo de problema, el indicador que esta de color verde se apagaría y esto significa que ese sensor esta fuera de servicio, si el indicador se activaría de color rojo significa el regulador no está operando, si se

perdiera la comunicación de PLC el indicador se apagaría igualmente con el indicador del equipo que transmite los datos.

En esta pantalla se evidenciaría cualquier tipo de error que se presente en el sistema.



Figura 5.3 Estado de los Componentes Evidenciando Errores.

### 5.1.2 BOTONES DE SIMULACIÓN DE FALLAS

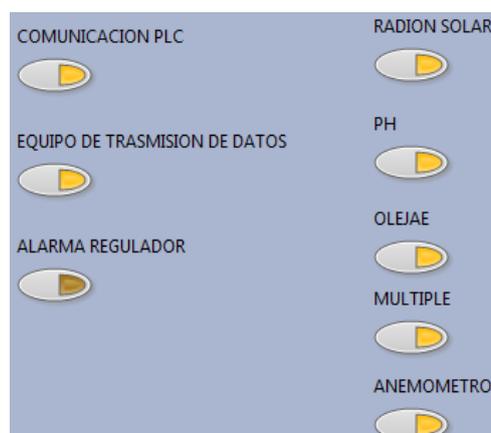


Figura 5.4 Botones de Simulación de Fallas.

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.

### 5.1.3 ESTADO DE LA BATERÍA

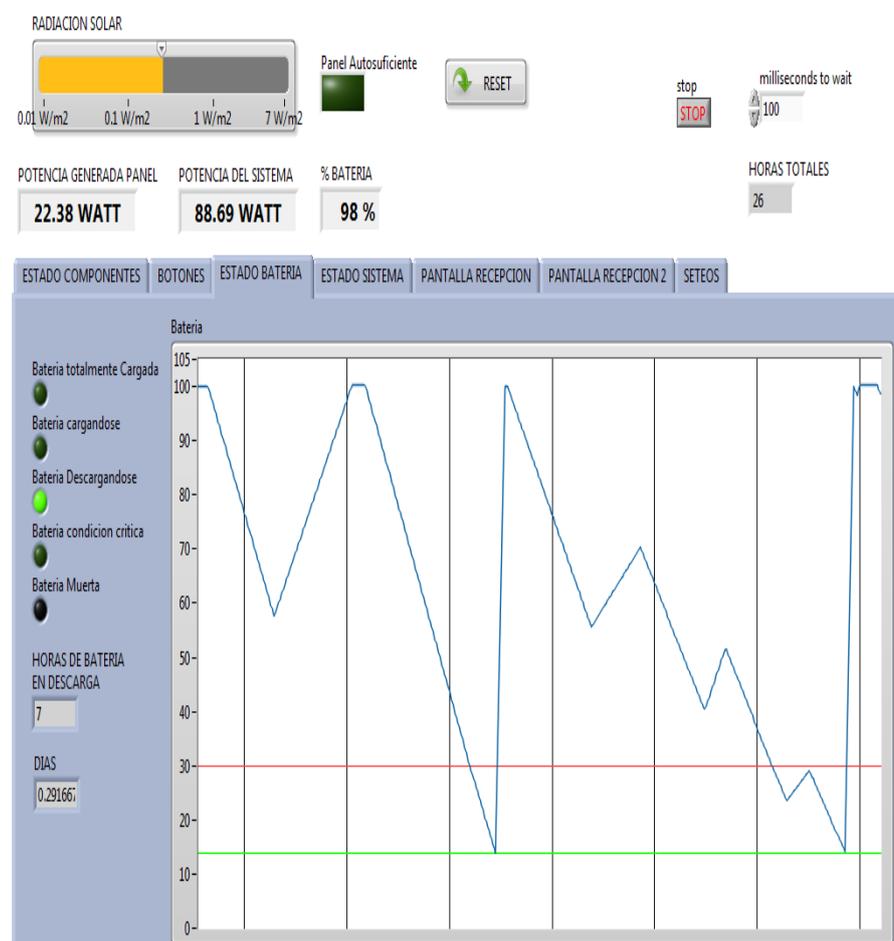


Figura 5.5 Estado de la Batería.

En esta pantalla se podrá visualizar la simulación de la radiación solar existente en ese momento, además de

visualizar la potencia total que consume el sistema y la generado 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, cargándose, descargándose, condición crítica, muerta y el tiempo de operación de la misma.

#### 5.1.4 ESTADO DEL SISTEMA

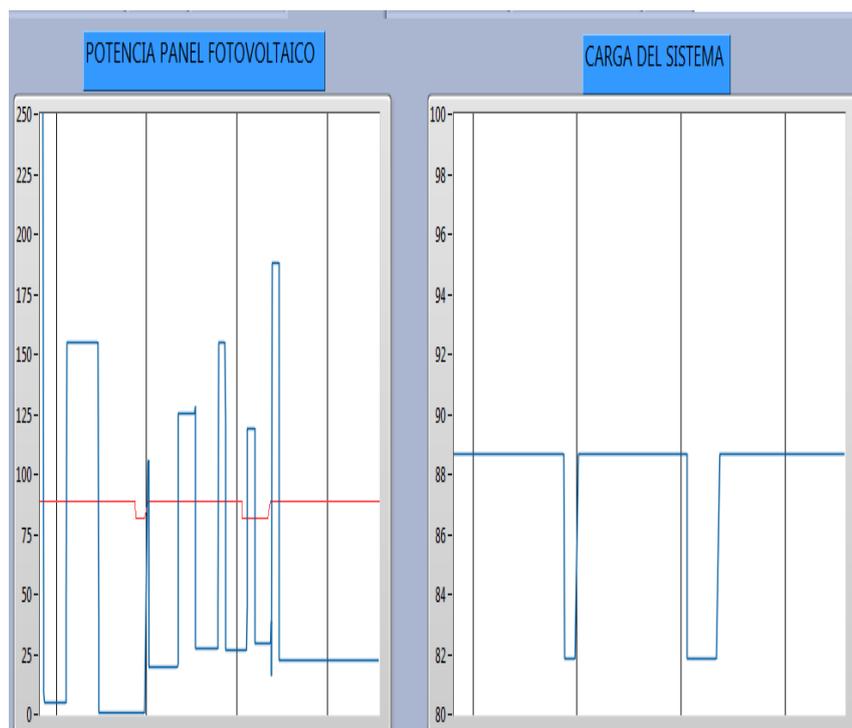


Figura 5.6 Estado del Sistema.

En la pantalla de la izquierda se visualizará 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.

### 5.1.5 PANTALLAS DE RECEPCIÓN

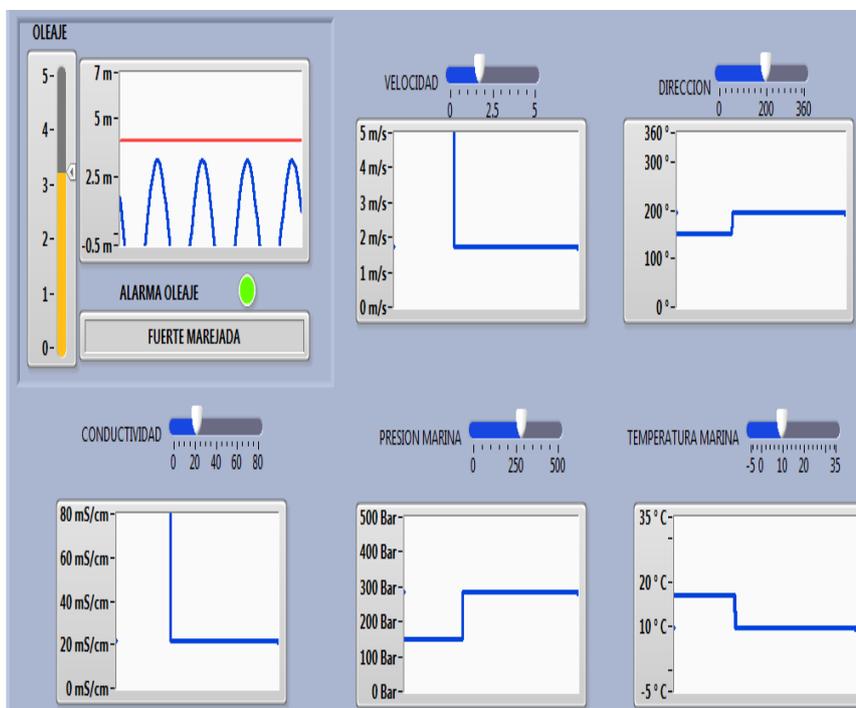


Figura 5.7 Pantalla de Recepción.

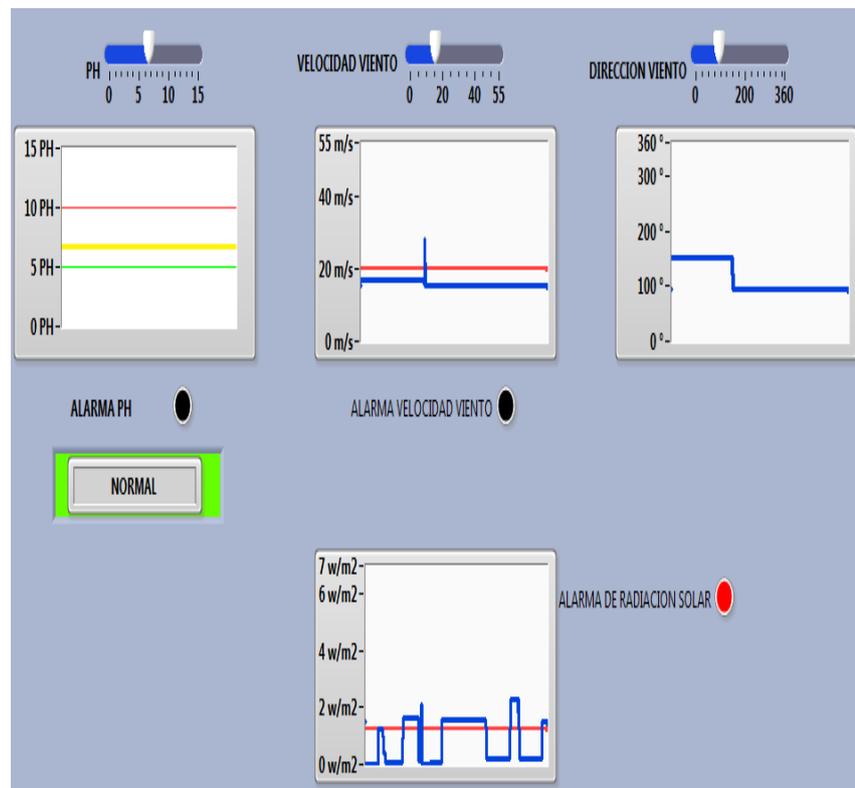


Figura 5.8 Pantalla de Recepción 2.

Estas pantallas son las que se visualizarán 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 e indicadores de alarma, cuando sobrepasen los valores máximo o mínimos configurados, y además existen unos indicadores de posición con los cuales se simulará los determinados cambios bruscos en el clima.

### 5.1.6 CONFIGURACIÓN DE LAS ALARMAS

The screenshot displays a configuration interface for alarms. It features several input fields and dropdown menus arranged in a grid-like structure. The settings are as follows:

Parameter	Value
Seteo Velocidad Alarma	12
CONDICION INICIAL BATERIA	100
ALARMA OLEAJE 2	4
CONDICION BATERIA CRITICA	30
CONDICION BATERIA BATERIA MUERTA	14
SET VELO VIENTO	20
ALARMA PH INFERIOR	5
ALARMA PH SUPERIOR	10
PORCENTAJE DESVIACION	0.229482
Enum	ESTADO2
DESVIACION	25.0595

Figura 5.9 Configuración de 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.

## 5.2 PANTALLAS DE LOS ESTADOS

### 5.2.1 INICALIZACIÓN DE LAS VARIABLES-ESTADO 0

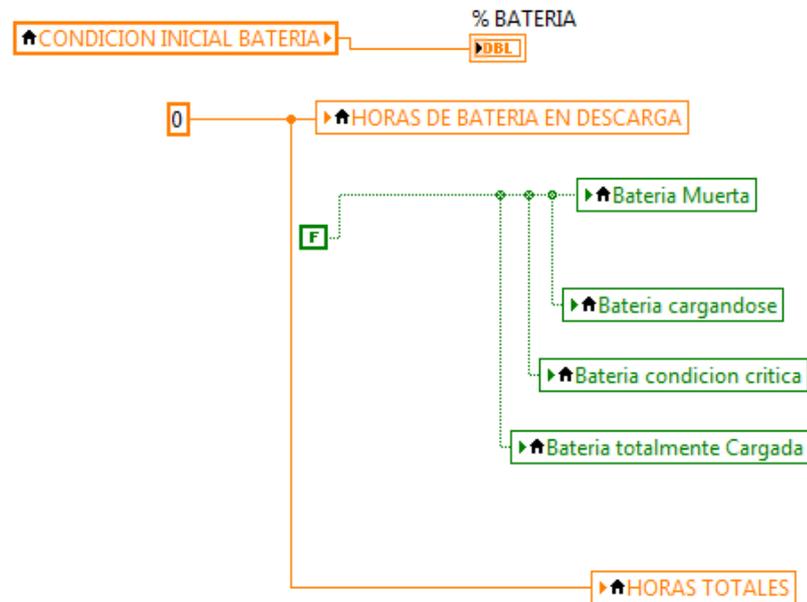


Figura 5.10 Inicialización de las Variables.

En éste estado se inicializan todas las variables a utilizar en la simulación, como el proyecto se enfoca en la utilización de sol como principal fuente de energía, al momento de iniciar con la simulación se asume que tal esta en condición ideal, la batería está totalmente cargada, para luego pasar al estado 1.

### 5.2.2 COMUNICACIÓN DEL PLC-ESTADO 1

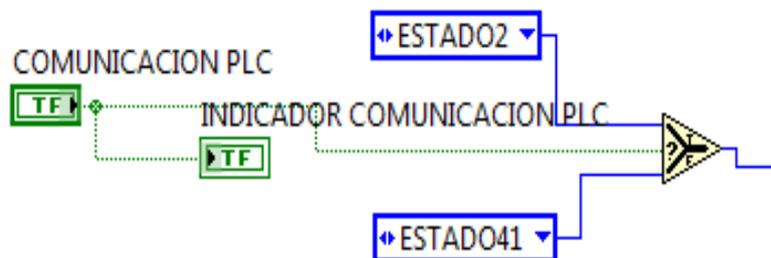


Figura 5.11 Comunicación del PLC.

Es este estado se pregunta por la comunicación del PLC, en el caso que sea verdadero este pasara al estado 2, caso contrario este se dirigirá al estado 41, este estado donde se dirigirán todos los errores que presente el sistema, y el cual se podrán evidenciar en la pantalla de recepción.

### 5.2.3 TRANSMISIÓN DE DATOS-ESTADO 2

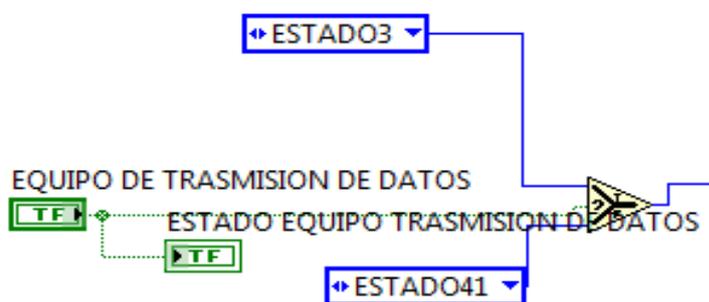


Figura 5.12 Transmisión de datos.

En este estado es donde se preguntará si la transmisión de datos es correcta, lo que quiere decir que dicho equipo está operando correctamente, de ser el caso se avanzará al estado 3, y de existir algún error se dirigirá al estado 41.

#### 5.2.4 OPERATIVIDAD DEL REGULADOR-ESTADO 3

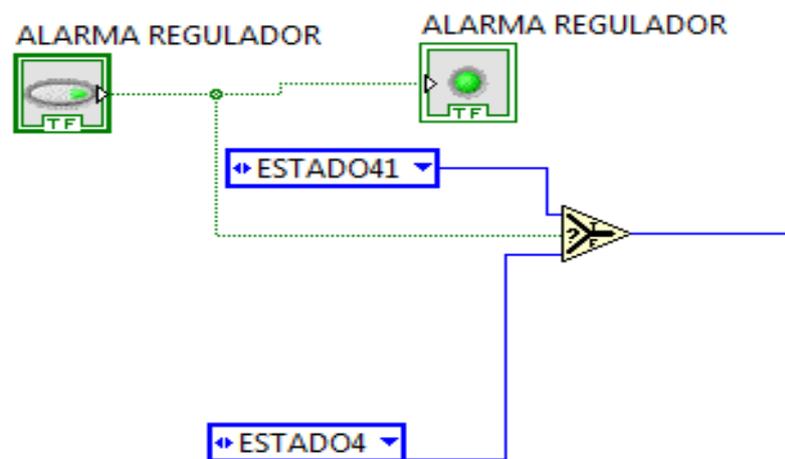


Figura 5.13 Operatividad del Regulador.

En este estado es donde se preguntará sobre a operatividad del regulador, donde se simulará una falla desde la pantalla de botones para evidenciar el error, de ser el caso se dirigirá al estado 41, en caso que esté operando correctamente se dirigirá al estado 4.

### 5.2.5 INFORMACIÓN DE LA BATERÍA-ESTADO 4

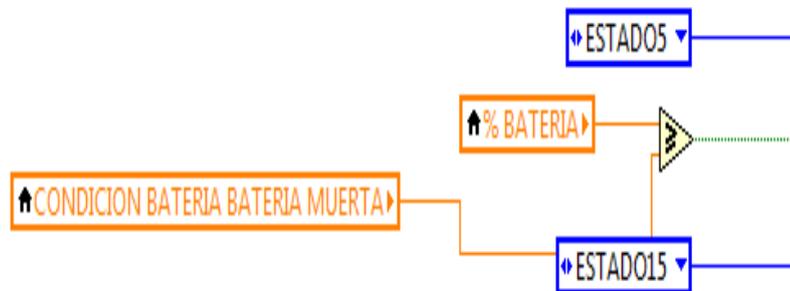


Figura 5.14 Información de la batería.

En este estado se lee la información de la batería, en sus diferentes etapas: completamente cargada, descargándose ó cargándose, cumpliendo con cualquiera de estas situaciones se avanzaría al estado 5 ó si la batería está muerta (descargada completamente), se enviaría al estado 41.

### 5.2.6 INFORMACIÓN DE LOS SENSORES-ESTADO 5

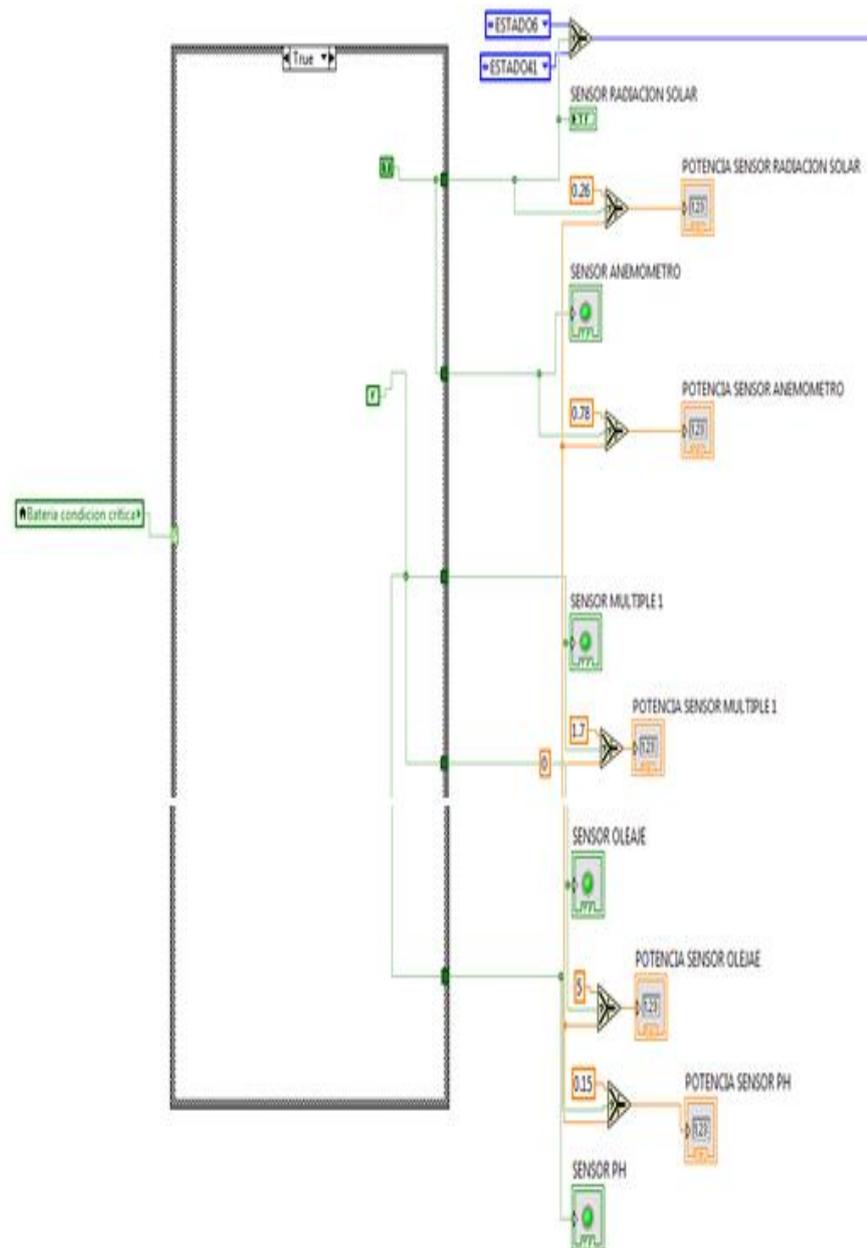


Figura 5.15 Información de los sensores.

En este estado es donde se pregunta sobre la lectura de los sensores, si están trabajando correctamente o tienen algún

error, que cuando la carga de la batería es menor al 30 % los sensores conmutan, se pregunta sobre el sensor de radiación solar, para indicar la potencia que suministra dicha radiación y estos sensores son los que comandan la operación, y pasar al estado 6, si se llegara presenta algún error se dirige al estado 41.

### 5.2.7 CONSUMO DE LOS SENSORES-ESTADO 6

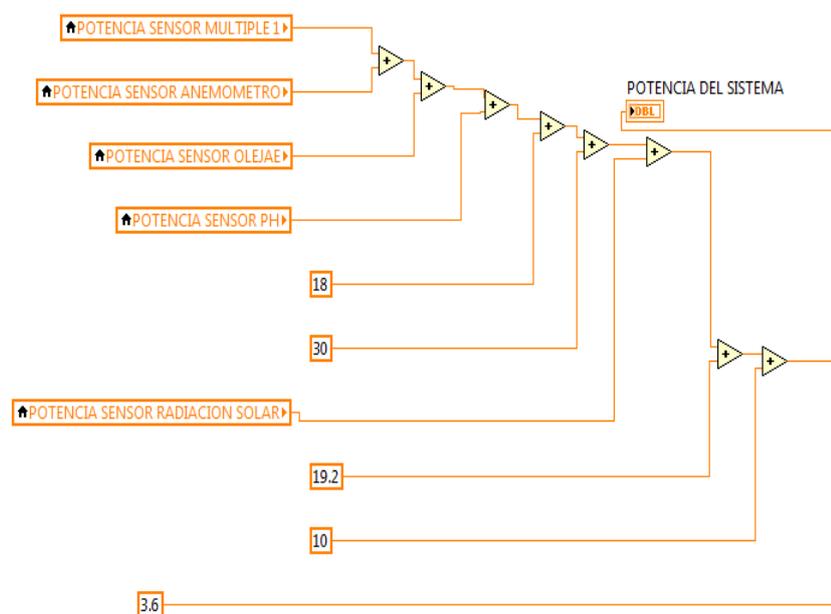


Figura 5.16 Consumos de los sensores.

En este estado es donde se suman las potencias que consumen los sensores para poder obtener la potencia total que requiere el sistema, para corroborar si la potencia que entrega el panel fotovoltaico cubre la potencia requerida para

poder operar, de ser correcto pasaría al estado 7 caso contrario se dirigirá al estado 41.

### 5.2.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL SISTEMA-ESTADO 7

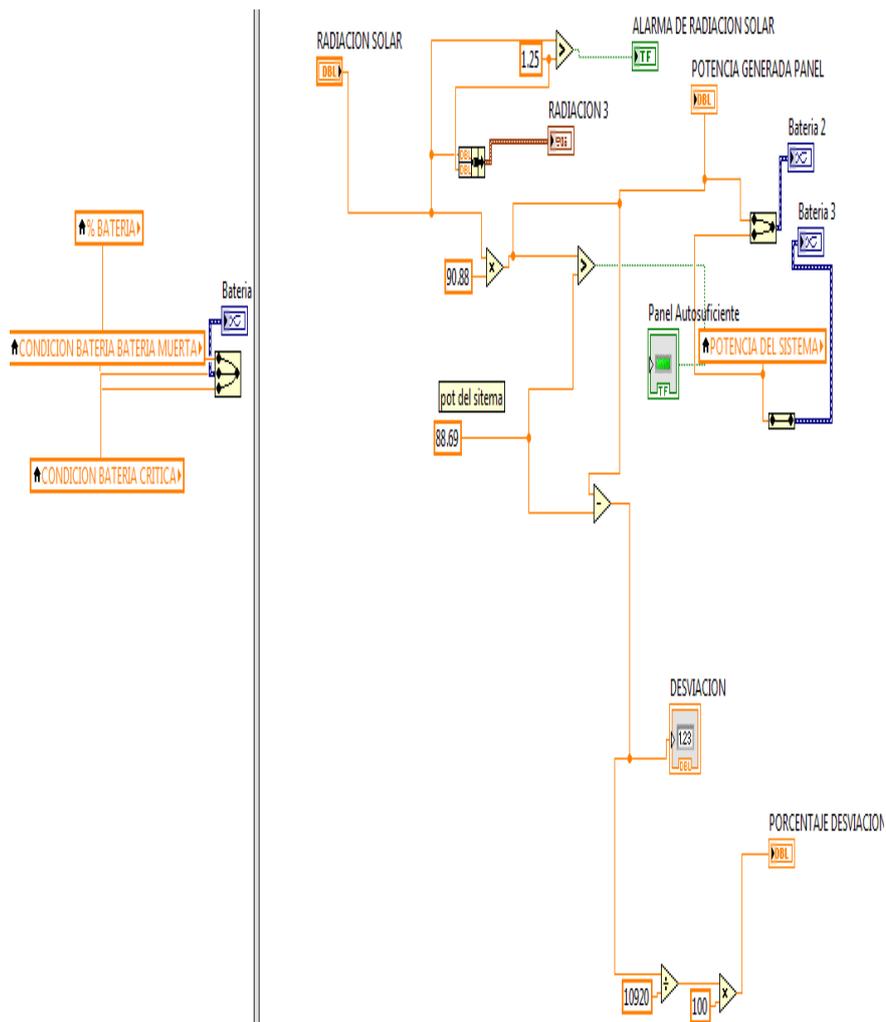


Figura 5.17 Cálculo de la Potencia del Sistema Fotovoltaico.

En este estado es donde se realizan los cálculos de potencia con respecto a la radiación solar existente, se calculan los

valores de desviación y en donde se activar el indicador mostrando que el panel es autosuficiente para suministrar potencia a la carga y a la batería en el caso que esta esté descargada, de ser así pasa al estado 16 o de lo contrario pasa al estado 41.

### 5.2.9 SUFICIENCIA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO-ESTADO 8

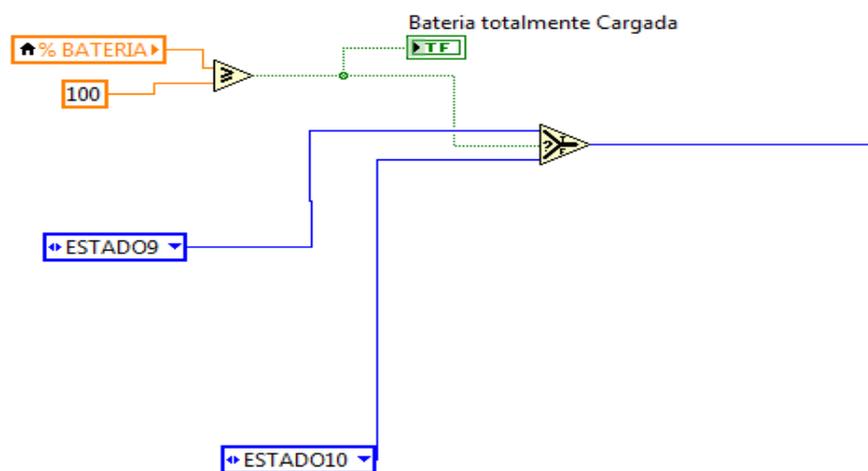


Figura 5.18 Suficiencia del sistema Fotovoltaico.

En este estado es donde se podrá determinar si el panel fotovoltaico es autosuficiente, y nos indicara si la batería está totalmente cargada o está al 100 %, de ser así se avanza al estado 9 o si no se dirigirá al estado 10.

### 5.2.10 ENERGÍA DEL PANEL FOTOVOLTAICO-ESTADO 9



Figura 5.19 Energía del Panel Fotovoltaico.

En este estado muestra que la energía producida proviene netamente del panel fotovoltaico, donde se dirigirá al estado 1 de ser positivo.

### 5.2.11 CONDICIONES DE LA BATERÍA-ESTADO 10

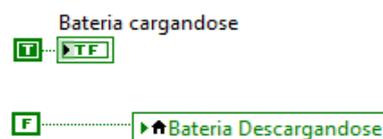
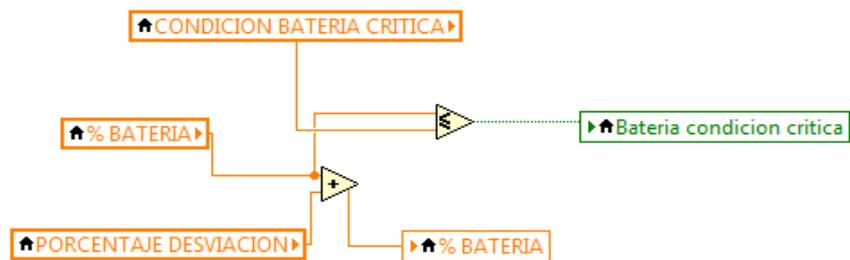


Figura 5.20 Condiciones de la Batería.

En este estado es donde se determina las diferentes condiciones en donde puede operar la batería, de ser así pasaría al estado 1.

### 5.2.12 PORCENTAJE DE CARGA DE LA BATERÍA-ESTADO 11



Figura 5.21 Porcentaje de carga de la batería.

En este estado es donde se realiza la comparación entre el porcentaje actual de la batería y si es igual a batería muerta se dirigirá al estado 15.

### 5.2.13 DESCARGA DE LA BATERÍA- ESTADO 12

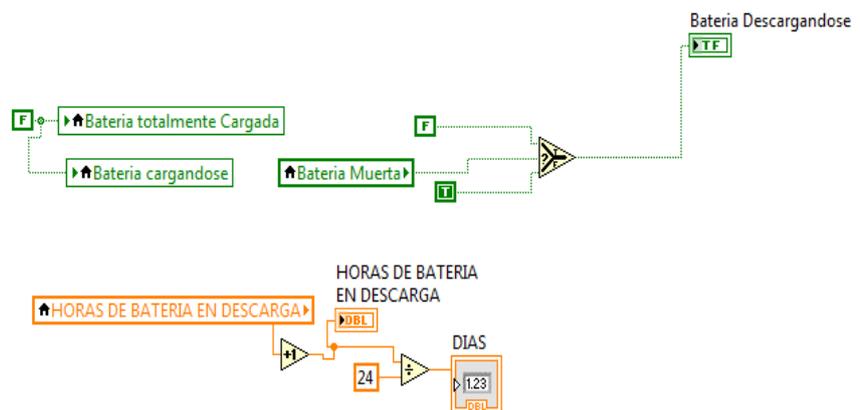
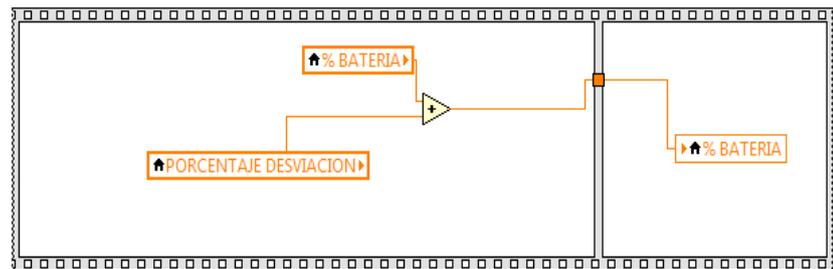


Figura 5.22 Descarga de la batería.

En este estado es donde se determina que la batería se está descargándose, luego se determina las horas de uso de la batería referente a la descarga de la batería, de ser así pasara al estado 13.

#### 5.2.14 CONDICIÓN CRÍTICA DE LA BATERÍA-ESTADO 13

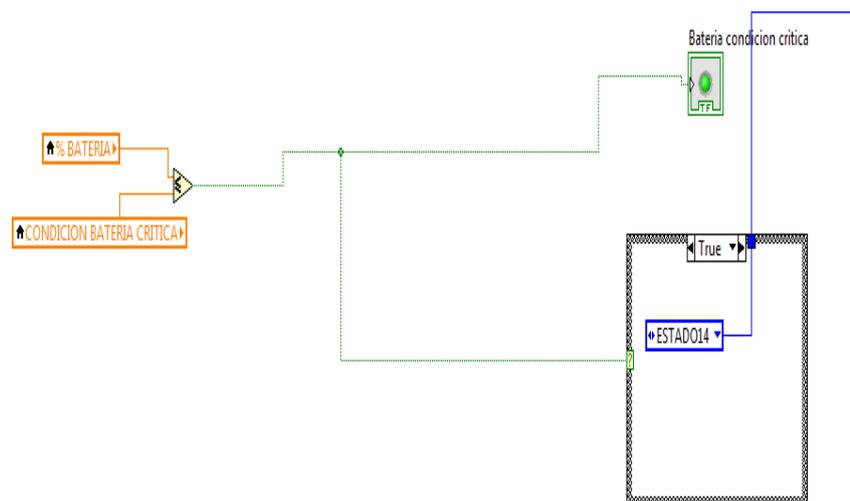


Figura 5.23 Condición crítica de la batería.

En este estado es donde se determina la condición crítica de la batería, de ser así pasara al estado 14, caso contrario se dirige al estado 1.



En este estado es donde opera el sensor de oleaje, se determina el nivel de las olas y según eso se va distinguiendo según el nombre, y se las presenta en gráfica, y avanza al estado 17.

### 5.2.17 GRAFICACIÓN DE DATOS DE SENSORES-ESTADO 17

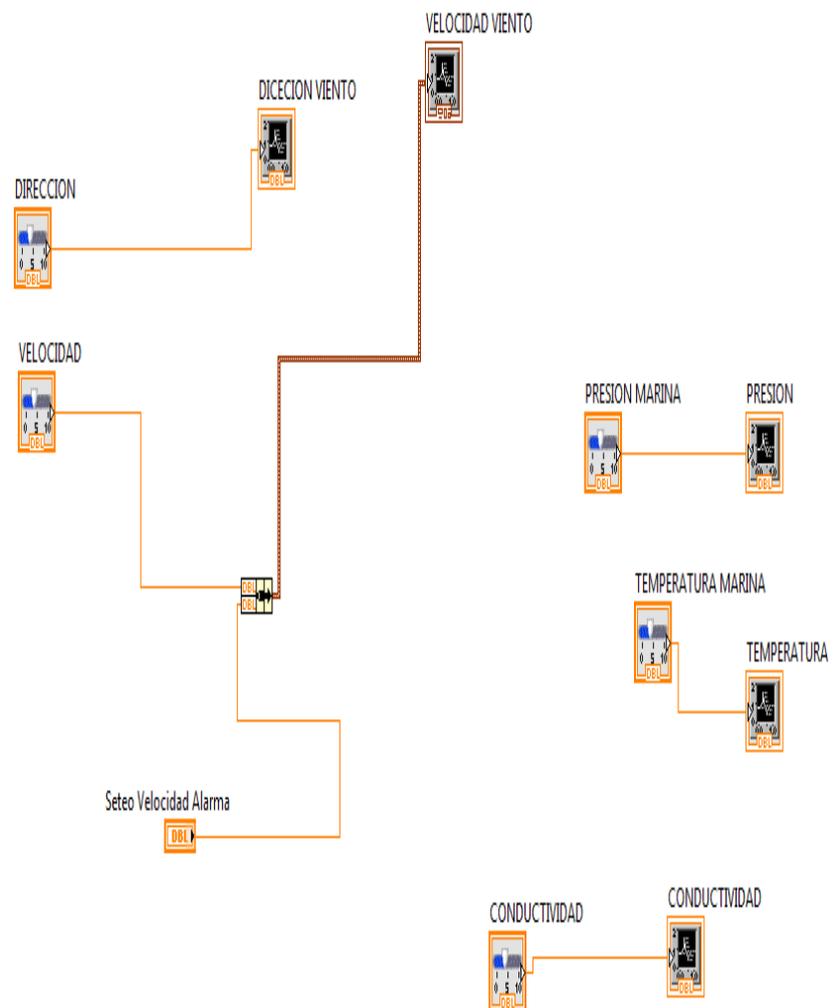


Figura 5.26 Graficación de datos de los sensores.

En este estado se grafican los datos obtenidos por los diferentes sensores y con los indicadores se simulará algún cambio brusco que se llegase a presentar en el medio, de ser así pasaría al estado 18.

### 5.2.18 SENSOR DE PH- ESTADO 18

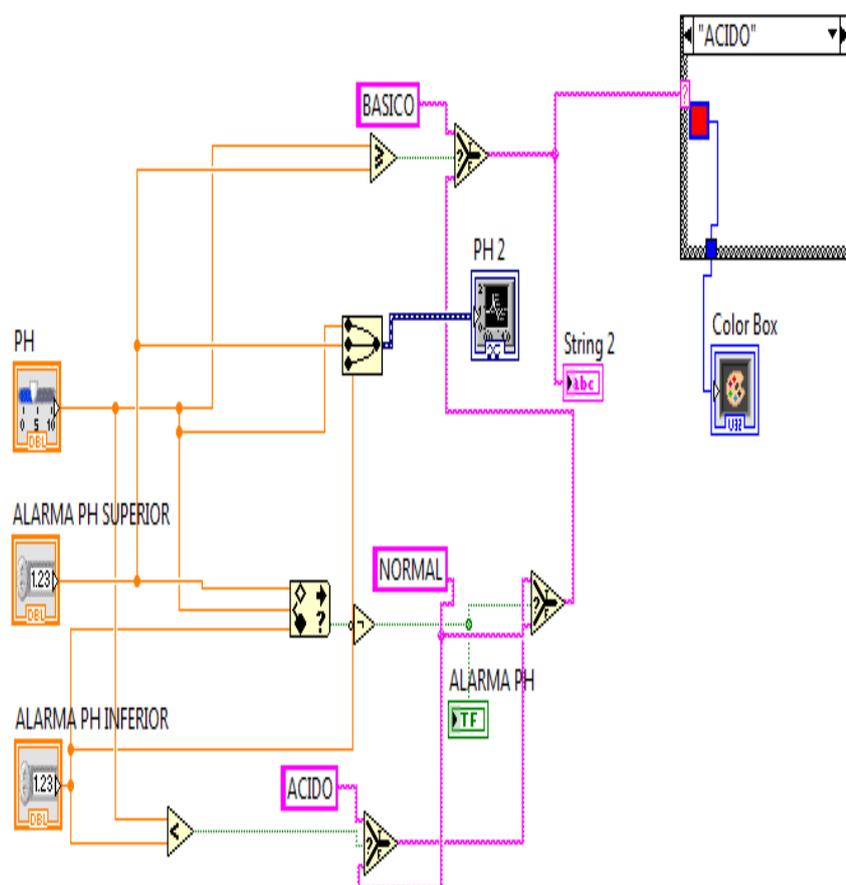


Figura 5.27 Sensor de PH.

En este estado es donde se determinan los valores de pH existentes en el mar, si supera los rangos establecidos se

concluye que esta ácido o básico y se enviaría una alarma a las pantallas de recepción, avanzando al estado 19.

### 5.2.19 SENSOR PARA MEDIR EL VIENTO-ESTADO 19

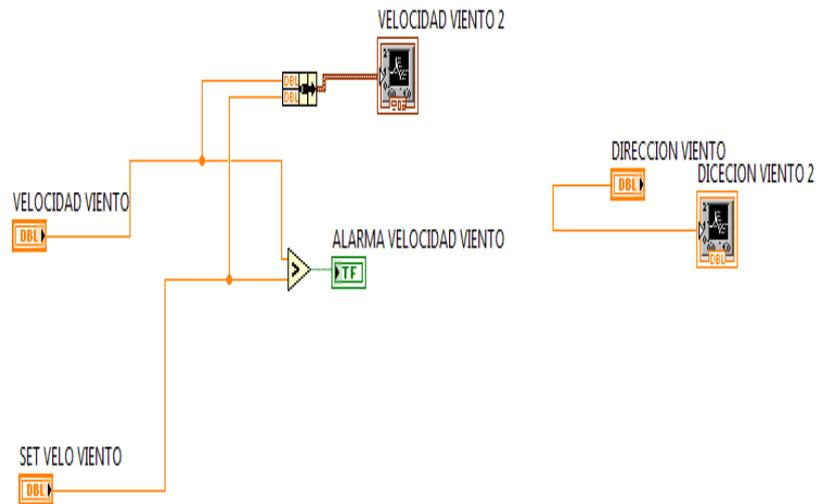


Figura 5.28 Datos del sensor para medir el viento.

En este estado se procesa los datos del sensor de la velocidad y dirección del viento, donde los resultados se los grafican, en caso de presentarse un error se dirige al estado 41.

### 5.2.20 ERRORES DEL SISTEMA-ESTADO 41

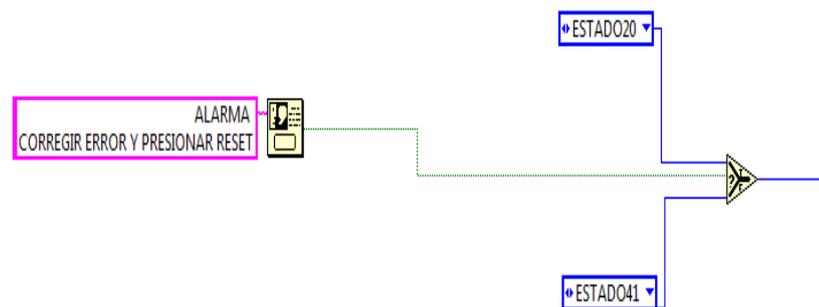


Figura 5.29 Errores del Sistema.

En este estado es donde se dirigirán todos los errores que se generen en el sistema, donde una vez que se solucione el error se dirigirá al estado 20 o en caso de persistir el problema se mantiene en este estado.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Basados en los resultados obtenidos, se concluye que:

1. El suministro de energía eléctrica proveniente de los paneles solares es tan sostenible que con un valor mayor a  $0,904 \text{ Kwh/día/m}^2$  de radiación solar proporcionará la energía suficiente para suplir al sistema de monitorización y para cargar a la batería.
2. 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.

3. 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.
4. 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.
5. Los sensores y equipos de comunicación fueron escogidos, reflejándose esto en los resultados de bajo consumo del sistema.
6. 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.
7. 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.

## **RECOMENDACIONES**

1. 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.
2. 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.
3. Para garantizar la continuidad del sistema de suministro de energía eléctrico para la boya, es necesario realizar un plan de mantenimiento preventivo con el fin de evitar interrupciones al sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Adrian, J. (s.f.). *Datalogging and Supervisory Control (DSC)*. Recuperado el 2014 de Septiembre de 24, de <http://www.ajolly.com.mx>
- [2]. Afinidad eléctrica. (s.f.). *Ultracapacitores*. Recuperado el 2014 de Septiembre de 22, de <http://www.afinidadelectrica.com.ar>
- [3]. Apogee Instruments. (s.f.). *Piranómetros*. Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de <http://www.apogeeinstruments.co.uk>
- [4]. Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (16 de Julio de 2014). *Proyecto de Ley del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de <http://www.ifr.org>
- [5]. AUTOSOLAR. (s.f.). *Bateria Gel 12 V 130 Ah Victor Energy*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de <http://autosolar.es>
- [6]. BASC E.I.R.L. (s.f.). *Modular and Programmable Logic Controller*. Recuperado el 30 de Octubre de 2014, de <http://www.basc.cl>
- [7]. CELASA. (s.f.). *Paneles Fotovoltaicos*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014, de <http://www.celasa.biz>
- [8]. CONELEC. (s.f.). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2014, de [www.conelec.gob.ec](http://www.conelec.gob.ec)
- [9]. G.I.S. Ibérica. (s.f.). *Anemómetro y Termoanemómetros*. Recuperado el 17 de Octubre de 2014, de <http://www.gisiberica.com>
- [10]. LA MAQUINISTA VALENCIANA. (s.f.). *Balizas destelladoras de luz*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2014, de <http://www.lmvsa.com>
- [11]. National Instruments. (s.f.). *Software de desarrollo de sistemas NI LABVIEW*. Recuperado el 2014 de Septiembre de 22, de <http://www.ni.com>
- [12]. RCJ POWER. (s.f.). *Paneles solares monocristalino 12 V*. Recuperado el 2014 de Octubre de 10, de <http://www.rgjpower.com>

- [13]. Rockwell Automation. (s.f.). *Instrumentación y Control*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2014, de <http://ab.rockwellautomation.com>
- [14]. SIDMAR. (s.f.). *Instrumentación Oceanográfica*. Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de <http://www.sidmar.es>
- [15]. SINTRONES. (s.f.). *Industrial PC*. Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de [www.directindustry.com](http://www.directindustry.com)
- [16]. SOLBIAN. (s.f.). *Charge Controllers*. Recuperado el 2015 de Octubre de 15, de <http://www.solbian.eu>
- [17]. STEVENS. (s.f.). *Water Quality Sensor*. Recuperado el 24 de Octubre de 2014, de <http://www.stevenswater.com>
- [18]. VALEPORT. (s.f.). *Current Meters*. Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de <http://www.valeport.co.uk>