



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

## TÍTULO:



*“Diseño de un Sistema de Supervisión y Gestión Energética, Automatizado y en Tiempo Real, para la Casa Autosustentable de la Universidad Nacional de Loja.”*

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

## AUTORES:

JIMMY SANTIAGO CARRIÓN CUEVA

RODRIGO ALEXANDER RAMÍREZ CORONEL

## DIRECTOR DE TESIS:

ING. JULIO CÉSAR CUENCA TINITANA, Mg.Sc.

**LOJA – ECUADOR**

**2013**

## CERTIFICACIÓN

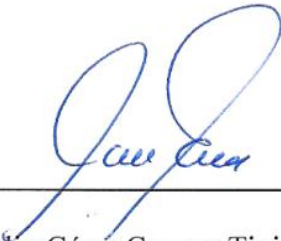
Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

### CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en *“Diseño de un Sistema de Supervisión y Gestión Energética, Automatizado y en Tiempo Real, para la Casa Autosustentable de la Universidad Nacional de Loja.”*, previa a la obtención del título de Ingenieros Electromecánicos, realizado por los señores egresados: **Jimmy Santiago Carrión Cueva** y **Rodrigo Alexander Ramírez Coronel**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Julio de 2013



Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros: Jimmy Santiago Carrión Cueva Y Rodrigo Alexander Ramírez Coronel, declaramos ser autores del presente trabajo de tesis y eximimos expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

AUTOR: Jimmy Santiago Carrión Cueva

FIRMA: 

CÉDULA: 1104747215

FECHA: Loja, Julio del 2013

AUTOR: Rodrigo Alexander Ramírez Coronel

FIRMA: 

CÉDULA: 1104597131

FECHA: Loja, Julio del 2013

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA TESIS POR PARTE DE LOS AUTORES, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Nosotros: Rodrigo Alexander Ramírez Coronel y Jimmy Santiago Carrión Cueva, declaramos ser autores de la tesis titulada: “Diseño de un Sistema de Supervisión y Gestión Energética, Automatizado y en Tiempo Real, para la Casa Autosustentable de la Universidad Nacional de Loja”, como requisito para optar el grado de: Ingeniero Electromecánico, autorizamos al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los Usuarios pueden consultar el contenido de éste trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 17 días del mes de Julio del dos mil trece, firman los autores.

**FIRMA:**



**FIRMA:**



**AUTOR:** Rodrigo Alexander Ramírez Coronel

**AUTOR:** Jimmy Santiago Carrión Cueva

**CÉDULA:** 1104597131

**CÉDULA:** 1104747215

**DIRECCIÓN:** Loja

**DIRECCIÓN:** Loja

**CORREO:** lolo\_raco@yahoo.es

**CORREO:** jimy.sc@hotmail.com

**TELÉFONO:** 2647154

**TELÉFONO:** 2547913

**CELULAR:** 0991084463

**CELULAR:** 0991985319

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg.Sc.

**TRIBUNAL DE GRADO:** Ing. Daniel Enrique Mahuad Ortega, Mg.Sc.

Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg.Sc.

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg.Sc.



## **PENSAMIENTOS**

*“Lo que no se mide no se puede mejorar”*

**Lord Kelvin**

*“Programar es como hablar con un ciego y escribirle a un sordomudo”*

**Los Autores.**

*“Que aún no sepamos cómo hacerlo no significa que no lo podamos hacer”*

**Los Autores.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a mi querida abuelita **Rosa Amelia Hidalgo**, quien aunque físicamente ya no está conmigo, aún siento su presencia en cada muestra de amor que veo cada día. A mis queridos padres: **Enrique Ramírez Sócola** y **Betty Coronel Hidalgo**, que es gracias a sus enseñanzas en valores y principios, y que no hay recompensa sin sacrificio, que hoy me encuentro a punto de cumplir una etapa más de mi vida educativa. A mis queridos hermanos(as): Lersy, Lupita, Katty, Gaby, Alexandra, Sarita, Edgar y especialmente a mi ñaño Quique, quien a pesar de encontrarse tan distante, me ha sabido aconsejar y dar frases de aliento siempre. A Andrea Cortés, mi novia, quien siempre estuvo a mi lado, creyó en mí y me apoyó incondicionalmente en todo lo que me proponía. A ellos, con mucho amor y respeto, les dedico el presente trabajo de tesis.

***RODRIGO***

Este trabajo de tesis va dedicado a mis padres **JORGE ENRIQUE CARRIÓN** y **FLORA ELVITA CUEVA**, quienes me apoyaron incondicionalmente durante mis estudios universitarios, inculcándome principios y valores.

A mis hermanos Thalía, Verónica, Jairo, Fabian, Yadira, Manuel y Tanya, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida para mi superación de estudios universitarios.

***JIMMY***

## **AGRADECIMIENTO**

Nos es grato reconocer públicamente nuestros sinceros agradecimientos, primeramente, a la Universidad Nacional de Loja, específicamente a la Carrera de Ingeniería Electromecánica, representada en su planta docente, que muy acertadamente nos supieron transmitir sus conocimientos durante toda nuestra vida universitaria y que fueron las bases para culminar exitosamente esta tesis y poder convertirnos en profesionales de bien. Queremos agradecer, de manera especial, a los profesores: Ing. Jorge Maldonado, Ing. Juan Pablo Cabrera, Ing. Juan Carlos Solano, Ing. Norman Jiménez, Ing. Thuesman Montaña, quienes confiaron en nosotros y nos apoyaron en todo lo que estuvo a su alcance para la ejecución de este proyecto.

Agradecemos, también, al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa-Cuba ISMM, por su afectuosa acogida y brindarnos la oportunidad de realizar parte de nuestra tesis en sus instalaciones académicas, con el incondicional apoyo de sus docentes de la Carrera de Eléctrica, de Informática y del Centro de Estudio de Energía y Tecnología Avanzada de Moa CEETAM. Queremos agradecer, de manera especial, a los profesores: Ing. Liomnis Osorio, Ing. Alexei Cala, Ing. Oscar Peña Guilarte e Ing. Luis Rojas Purón.

Nuestro especial agradecimiento a nuestro director de tesis Ing. Julio Cuenca Tinitana, quien con gran esmero y dedicación, nos brindó muchas horas de su tiempo para enseñarnos, guiarnos y corregir nuestra tesis.

Es gracias a ellos la calidad científica que tiene este trabajo.

**Los Autores**

## TABLA DE CONTENIDOS

a.- <b>TÍTULO</b> .....	1
b. <b>RESUMEN</b> .....	2
c.- <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
d.- <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
d.1 <b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES</b> .....	6
d.1.1 Variables relacionadas a la Energía Eólica. ....	6
d.1.1.1 Densidad del Aire, $\rho$ .....	7
d.1.1.2 Presión barométrica, $p$ .....	7
d.1.1.3 Humedad relativa, $h_r$ .....	8
d.1.1.4 Temperatura del aire, $t_a$ .....	8
d.1.1.5 Velocidad del viento, $v$ .....	8
d.1.1.6 Dirección del viento, $\phi$ .....	8
d.1.1.7 Rosa de los vientos. ....	9
d.1.2 Variables relacionadas a la Energía Solar. ....	9
d.1.3 Variables relacionadas a la Energía Eléctrica. ....	10
d.1.3.1 Potencia y Energía DC. ....	10
d.1.3.2 Potencia y Energía AC. ....	11
d.1.4 Coste energético y Contaminación ambiental. ....	12
d.1.4.1 Costo por consumo energético. ....	12
d.1.4.2 Contaminación ambiental por consumo energético.....	13
d.2 <b>CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LABVIEW</b> .....	14
d.2.1 LabVIEW. ....	14
d.2.2 Sistemas de Adquisición de Datos (DAQ).....	16
d.2.2.1 Tarjeta de Adquisición de Datos USB 6008.....	17
d.2.2.1.1 Medición Entradas analógicas. ....	19
d.2.2.1.2 Medición/Lectura Entradas/Salidas digitales. ....	20
d.2.2.1.3 Resolución, Rango, Ganancia, Frecuencia de muestreo.....	20
d.2.2.1.4 Tiempo Real. ....	22
d.3 <b>CAPÍTULO III: SERVIDORES Y PÁGINAS WEB</b> .....	23
d.3.1 Servidores Web. ....	23
d.3.1.1 Componentes de un Servidor Web. ....	23

d.3.1.2 Servidor Web Apache.....	24
d.3.2 Diseño de Páginas Web.....	24
d.3.2.1 Estructura básica de una página web.....	25
d.3.2.2 Dreamweaver.....	26
d.3.2.3 Artisteer.....	27
e.- <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
e.1 MATERIALES .....	28
e.1.1. Instrumentos de Medición y Cálculo.....	28
e.1.2. Material eléctrico.....	28
e.1.3. Materiales para obra civil .....	29
e.1.4. <i>Software</i> (Programas utilizados) .....	29
e.2 MÉTODOS .....	29
f.- <b>RESULTADOS</b> .....	31
f.1 CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO. ....	31
f.1.1 Descripción de las Instalaciones. ....	31
f.1.1.1 Listado de aparatos eléctricos conectados en la casa. ....	32
f.1.2 Sistema de Generación Híbrido Eólico/Solar actual.....	34
f.1.2.1 Generador Eólico.....	35
f.1.2.2 Paneles Solares.....	36
f.1.2.3 Controlador o regulador de Carga.....	37
f.1.2.4 Inversor.....	37
f.1.2.5 Banco de Baterías.....	38
f.1.3 Estación Meteorológica. ....	38
f.2 ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA ESTACIÓN HOBO U30 NRC. ....	41
f.2.1 Metodología para descargar registros del Logger U30 NRC en tiempo real.....	41
f.2.1.1 Configuración de intervalos de registro y formato de descarga.....	42
f.2.1.2 Inicializar el monitoreo y registro de la Estación Meteorológica. ....	45
f.2.1.3 Iniciar descarga automática de los registros.....	48
f.3 SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICA PROPUESTO.....	51
f.3.1 Requisitos del Sistema a Desarrollar. ....	51
f.3.2 Funcionalidades del Sistema a Desarrollar.....	51
f.3.2.1 Generación Eólica. ....	51



f.3.2.2	Generación Solar.....	52
f.3.2.3	Consumo en la Casa.....	52
f.3.2.4	Estación Meteorológica.....	52
f.3.3	Diagramas de Bloques del Sistema Propuesto: Hardware y Software.....	53
f.4	DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN.....	55
f.4.1	Adquisición de Datos de las Variables Meteorológicas.....	55
f.4.2	Desarrollo del Software.....	57
f.4.2.1	Pantalla Principal de LabCIER.....	58
f.4.2.2	LabCIER: Generación Eólica.....	65
f.4.2.3	LabCIER: Generación Solar.....	71
f.4.2.4	LabCIER: Consumo Casa.....	73
f.4.2.5	LabCIER: Estación Meteorológica.....	82
f.4.2.6	Descarga de Imágenes para la Web.....	93
f.4.2.7	Almacenamiento de variables en la Base de Datos.....	96
f.4.3	Adquisición de Datos de las Variables Eléctricas.....	98
f.4.3.1	Sensores y Atenuadores para la adquisición a través de las DAQs.....	103
f.5	DISEÑO DEL HARDWARE Y ESQUEMAS DE CONEXIÓN.....	104
f.5.1	Atenuador de señal para medir voltaje DC, de paneles y baterías.....	104
f.5.2	Atenuador de señal para medir voltaje AC, de los circuitos de la casa.....	105
f.5.3	Circuito de protección galvánica para entradas digitales DAQ.....	106
f.5.4	Circuito de protección galvánica para salidas digitales DAQ.....	108
f.5.5	Esquema de conexión del selector y circuito de conmutación.....	110
f.6	CREACIÓN DEL SITIO WEB.....	112
f.6.1	Creación de las páginas web informativas.....	112
f.6.2	Creación de las páginas web para visualización de LabCIER.....	115
f.6.3	Alojamiento de las páginas web.....	120
f.7	CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA.....	121
f.7.1	Readecuación y Reubicación de la Estación Meteorológica.....	121
f.7.1.1	Rediseño de la estructura metálica de la Estación Meteorológica.....	123
f.7.1.2	Montaje de la estación meteorológica.....	124
f.7.2	Ubicación de la tubería para el cableado eléctrico y de comunicación.....	126
f.7.2.1	Construcción de los pozos de revisión y ubicación de tubería.....	126

f.7.2.2 Selección de la tubería de conducción. ....	127
f.8 PRUEBAS DEL SISTEMA. ....	129
f.8.1 Pruebas de descarga de la Estación Meteorológica. ....	129
f.8.2 Pruebas del Software LabCIER. ....	130
f.8.3 Pruebas de los circuitos de protección galvánica.....	132
f.8.4 Pruebas del circuito de conmutación. ....	133
f.8.6 Pruebas de la página web.....	134
f.9 VALORACIÓN ECONÓMICA. ....	136
f.9.1 Materiales y Equipos ya colocados.....	136
f.9.2 Materiales y Equipos por colocar. ....	137
g.- <b>DISCUSIÓN</b> .....	140
h.- <b>CONCLUSIONES</b> .....	143
i.- <b>RECOMENDACIONES</b> .....	144
j. – <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	145
K. <b>ANEXOS</b> .....	147

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Escala de vientos Beaufort .....	8
<b>Tabla 2.</b> Dirección del viento según disposición de la veleta.....	9
<b>Tabla 3.</b> Costo por cada kW.h para Clientes Residenciales .....	13
<b>Tabla 4.</b> Designación de las terminales analógicas .....	18
<b>Tabla 5.</b> Designación de las terminales digitales.....	18
<b>Tabla 6.</b> Luminarias conectadas actualmente (Circuitos de Iluminación).....	33
<b>Tabla 7.</b> Aparatos eléctricos conectados actualmente (Circuitos de Tomacorrientes)..	33
<b>Tabla 8.</b> Potencias y Consumos diarios .....	33
<b>Tabla 9.</b> Características técnicas del aerogenerador EXMORK.....	35
<b>Tabla 10.</b> Características técnicas del panel fotovoltaico EXMORK .....	36
<b>Tabla 11.</b> Características técnicas del controlador EXMORK.....	37
<b>Tabla 12.</b> Características técnicas del Inversor EXMORK .....	38
<b>Tabla 13.</b> Características de comunicación de Estaciones HOBO .....	40
<b>Tabla 14.</b> Requisitos del Sistema a Desarrollar .....	51
<b>Tabla 15.</b> Condiciones para determinar la potencia del aerogenerador.....	69
<b>Tabla 16.</b> Nombre de las variables registradas en la base de datos: “Mes-Año.xls”.....	98
<b>Tabla 17.</b> Disposición de las Conexiones a las DAQs.....	99
<b>Tabla 18.</b> Sensores y Atenuadores propuestos .....	103
<b>Tabla 19.</b> Conductores pasantes por las tuberías.....	127
<b>Tabla 20.</b> Materiales ya colocados. ....	136
<b>Tabla 21.</b> Materiales que falta colocar.....	137

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Rosa de los vientos: Dirección.....	9
<b>Figura 2.</b> Triángulo de potencias .....	11
<b>Figura 3.</b> Panel Frontal. ....	14
<b>Figura 4.</b> Diagrama de Bloques. ....	15
<b>Figura 5.</b> Esquema general de un Sistema de Adquisición de Datos. ....	16
<b>Figura 6.</b> Conexión de una señal de voltaje diferencial.....	19
<b>Figura 7.</b> Ejemplo de una medida diferencial de 20V .....	19
<b>Figura 8.</b> Conexión de una señal de voltaje de terminal común.....	20
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de conexión de los puertos digitales.....	20
<b>Figura 10.</b> Resolución a 3 y 12 Bits .....	21
<b>Figura 11.</b> Pantallas principales de Dreamweaver. ....	26
<b>Figura 12.</b> Vista del software Artisteer.....	27
<b>Figura 13.</b> Casa Autosustentable AEIRNNR-UNL.....	31
<b>Figura 14.</b> Diagrama de conexión del sistema híbrido eólico/solar. ....	35
<b>Figura 15.</b> Curva característica de generación de potencia del aerogenerador <sup>(8)</sup> . ....	36
<b>Figura 16.</b> Estación Meteorológica Onset HOBO U30 NRC.....	40
<b>Figura 17.</b> Seleccionar las preferencias de configuración HOBO.....	42
<b>Figura 18.</b> Configuración del formato de descarga desde el Logger a la PC. ....	43
<b>Figura 19.</b> Configuración de formato de las unidades y hora de descarga.....	43
<b>Figura 20.</b> Configuración de reescritura del archivo. ....	44
<b>Figura 21.</b> Guardar configuración para futuras sesiones. ....	45
<b>Figura 22.</b> Conexión de los Sensores a la Estación Meteorológica.....	45
<b>Figura 23.</b> Lanzar o iniciar la estación meteorológica. ....	45
<b>Figura 24.</b> Configuración de lanzamiento del Logger HOBO. ....	46
<b>Figura 25.</b> Lanzando o inicializando Logger HOBO .....	46
<b>Figura 26.</b> Verificación de estado del dispositivo. ....	47
<b>Figura 27.</b> Verificar el estado actual del Logger. ....	47
<b>Figura 28.</b> Descarga manual de registros del Logger .....	48
<b>Figura 29.</b> Nueva configuración de Alarmas y lecturas .....	48
<b>Figura 30.</b> Colocar intervalo de tiempo para aviso de alarmas .....	48
<b>Figura 31.</b> Configuración de ubicación y tiempos de descarga del TXT .....	49

<b>Figura 32.</b> Ubicación del TXT.....	50
<b>Figura 33.</b> Monitor de lectura de los registros.....	50
<b>Figura 34.</b> Archivo de extensión .TXT generado por el <i>Logger</i> . ....	50
<b>Figura 35.</b> Diagrama de Conexión del Kit de Generación y sistemas de Adquisición. ....	53
<b>Figura 36.</b> Diagrama de bloques del Sistema de Supervisión Propuesto. ....	54
<b>Figura 37.</b> Panel frontal del subVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi”.....	55
<b>Figura 38.</b> Diagrama de bloques del subVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi”. ....	56
<b>Figura 39.</b> SubVI: extraer txt.vi.....	56
<b>Figura 40.</b> Diagrama de bloques del subVI “extraer registros del txt.vi”. ....	57
<b>Figura 41.</b> Diagrama de bloques general del Software desarrollado: LabCIER. ....	57
<b>Figura 42.</b> Pantalla de inicialización de LabCIER. ....	58
<b>Figura 43.</b> Mensaje de error en el ingreso de datos.....	59
<b>Figura 44.</b> Diagrama de Bloques del SubVI “SALIR.vi.” ....	59
<b>Figura 45.</b> Pantalla Principal de LabCIER. ....	60
<b>Figura 46.</b> Mensaje de advertencia antes de salir de LabCIER.....	61
<b>Figura 47.</b> Mensaje de confirmación para salir de LabCIER con contraseña ....	61
<b>Figura 48.</b> Mensaje desplegado con el botón de AYUDA. ....	62
<b>Figura 49.</b> Mensaje desplegado con el botón de AYUDA.....	63
<b>Figura 50.</b> Configuración de Nodo para Invocar SubVIs.....	63
<b>Figura 51.</b> Diagrama de Bloques general de LabCIER. ....	64
<b>Figura 52.</b> Pantalla secundaria de LabCIER: Generación Eólica.....	65
<b>Figura 53.</b> Ventana para colocar una densidad constante.....	66
<b>Figura 54.</b> Ventana para colocar una densidad constante.....	66
<b>Figura 55.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Generación Eólica.vi ....	67
<b>Figura 56.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencial eólico incidente.vi.....	67
<b>Figura 57.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencial eólico incidente.vi.....	68
<b>Figura 58.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencial aerogenerador.vi ....	69
<b>Figura 59.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía Aerogenerador.vi.....	70
<b>Figura 60.</b> Diagrama de bloques del SubVI: V controlador.vi.....	71
<b>Figura 61.</b> Pantalla secundaria de LabCIER: Generación Solar.....	71
<b>Figura 62.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Generación Solar.vi ....	72
<b>Figura 63.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencia Solar incidente.vi ....	72



<b>Figura 64.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía Paneles.vi.....	73
<b>Figura 65.</b> Diagrama de bloques del SubVI: V panel.vi .....	73
<b>Figura 66.</b> Pantalla secundaria de LabCIER: Consumo Casa. ....	74
<b>Figura 67.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Consumo Casa.vi.....	75
<b>Figura 68.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía.vi.....	76
<b>Figura 69.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Potencia activa.vi.....	76
<b>Figura 70.</b> Diagrama de bloques del SubVI: gráfica energía semanal.vi.....	77
<b>Figura 71.</b> SubVIs encargados de presentar el Consumo Mensual. ....	78
<b>Figura 72.</b> SubVIs encargados de presentar el Análisis Económico-Ambiental.....	79
<b>Figura 73.</b> Diagrama de bloques del SubVI: tarifa EERSSA.vi.....	79
<b>Figura 74.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Contaminación.vi.....	80
<b>Figura 75.</b> Sub Ventana para edición del Pliego tarifario: costos .....	80
<b>Figura 76.</b> SubVIs encargados de determinar el Consumo de las Baterías. ....	81
<b>Figura 77.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Estado de carga de baterías.vi.....	81
<b>Figura 78.</b> Ventana para edición del nivel de tensión de trabajo máximo de baterías. .	82
<b>Figura 79.</b> Pantalla secundaria de LabCIER: Estación Meteorológica. ....	82
<b>Figura 80.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Estación Meteorológica.vi.....	83
<b>Figura 81.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Presión Barométrica.....	84
<b>Figura 82.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Radiación Solar. ....	85
<b>Figura 83.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Velocidad del Viento. ....	85
<b>Figura 84.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Ráfaga de Viento.....	86
<b>Figura 85.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Dirección del Viento. ....	86
<b>Figura 86.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Temperatura Ambiente. ....	87
<b>Figura 87.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Humedad Relativa.....	87
<b>Figura 88.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Punto de Rocío.....	88
<b>Figura 89.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Precipitación (Lluvia). ....	88
<b>Figura 90.</b> Sub-ventana de Estación Meteorológica: Rosa de los Vientos.....	89
<b>Figura 91.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Rosa.vi .....	90
<b>Figura 92.</b> Diagrama de bloques del SubVI: N-S-E-O.vi.....	91
<b>Figura 93.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Escala Beaufort.vi.....	91
<b>Figura 94.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Magnitud y frecuencia.vi .....	92
<b>Figura 95.</b> Diagrama de bloques del SubVI: Promediantes mensual.vi .....	92

<b>Figura 96.</b> Diagrama de bloques del SubVI: VIENTO promedio mensual.vi .....	93
<b>Figura 97.</b> Paleta de Controles: Containers/Tab Control.....	94
<b>Figura 98.</b> Captura de Pantalla del Tab Control .....	95
<b>Figura 99.</b> Paleta de Funciones: <i>Graphics Formatss/ Write PNG File.vi</i> .....	95
<b>Figura 100.</b> Captura de Imagen del Tab Control.....	96
<b>Figura 101.</b> Base de datos: Registros HOBO - LabCIER.xls.....	96
<b>Figura 102.</b> Base de datos: Mes-Año.xls.....	97
<b>Figura 103.</b> Diagrama de bloques para la adquisición de datos con las DAQ. ....	100
<b>Figura 104.</b> Diagrama de bloques Tarea 1. Entradas analógicas Dv1.vi.....	102
<b>Figura 105.</b> Diagrama de bloques Tarea 2. Entradas analógicas Dv2.vi.....	102
<b>Figura 106.</b> Diagrama de bloques Tarea 3. Entradas digitales Dv1.vi.....	102
<b>Figura 107.</b> Diagrama de bloques Tarea 4. Entradas digitales Dv2.vi.....	103
<b>Figura 108.</b> Diagrama de bloques Tarea 5. Salidas digitales Dv1.vi .....	103
<b>Figura 109.</b> Atenuador de señal voltaje DC .....	104
<b>Figura 110.</b> Medición de voltaje AC, antes y después del transformador, con osciloscopio.....	105
<b>Figura 111.</b> Atenuador de señal voltaje AC .....	105
<b>Figura 112.</b> Nivel de tensión de indicadores led del controlador e inversor .....	106
<b>Figura 113.</b> Circuito de protección galvánica de entrada CPG-In Indicadores led.....	107
<b>Figura 114.</b> Circuito de protección galvánica de entrada CPG-In para Selector.....	107
<b>Figura 115.</b> Representación abreviada del CPG-In .....	108
<b>Figura 116.</b> Circuito de protección galvánica para salidas CPG-Out.....	109
<b>Figura 117.</b> Representación abreviada del CPG-Out .....	109
<b>Figura 118.</b> Circuito de Control del Selector y Protección a la Conmutación. ....	111
<b>Figura 119.</b> Logo animado de LabCIER. ....	112
<b>Figura 120.</b> Página informativa de Inicio: Inicio.html .....	113
<b>Figura 121.</b> Página informativa: ¿Qué es LabCIER? .....	114
<b>Figura 122.</b> Página informativa: Generalidades .....	114
<b>Figura 123.</b> Página Informativa: Descargas .....	114
<b>Figura 124.</b> Código de la página web interna: Consumo mensual.html.....	115
<b>Figura 125.</b> Página web interna: Consumo mensual.html.....	116
<b>Figura 126.</b> Página principal de LabCIER: general.html. ....	117

<b>Figura 127.</b> Página principal de LabCIER: generación_eólica.html.....	118
<b>Figura 128.</b> Página principal de LabCIER: generación_solar.html.....	118
<b>Figura 129.</b> Página principal de LabCIER: consumo_casa.html.....	119
<b>Figura 130.</b> Página principal de LabCIER: estación_meteorológica.html.....	119
<b>Figura 131.</b> Página secundaria de LabCIER: rosa_de_los_vientos.html.....	120
<b>Figura 132.</b> Dirección donde alojar las páginas web en el servidor.....	120
<b>Figura 133.</b> Ubicación anterior de la Estación Meteorológica.....	121
<b>Figura 134.</b> Ubicación Actual de la estación meteorológica.....	122
<b>Figura 135.</b> Remodelación de la estructura metálica de la estación.....	123
<b>Figura 136.</b> Construcción de la base para la estación meteorológica.....	124
<b>Figura 137.</b> Determinación de la ubicación geográfica y Norte magnético.....	124
<b>Figura 138.</b> Conexión de los sensores de la Estación Meteorológica HOBO.....	125
<b>Figura 139.</b> Ubicación de la Estación Meteorológica HOBO U30 NRC.....	125
<b>Figura 140.</b> Diagrama de distribución de tubería.....	126
<b>Figura 141.</b> Colocación de la tubería en las zanjas y construcción de pozos.....	127
<b>Figura 142.</b> Pruebas de descarga de la Estación Meteorológica.....	129
<b>Figura 143.</b> Simulación de la Estación Meteorológica para pruebas de SubVIs.....	131
<b>Figura 144.</b> Simulación de los CPG en Proteus 7.10.....	132
<b>Figura 145.</b> Simulación del circuito de transferencia en <i>Automation Studio 5.0</i> .....	133
<b>Figura 146.</b> Prueba de las páginas web en el ISMM de Moa-Cuba.....	134
<b>Figura 147.</b> Pruebas finales de la página web.....	135

## SIMBOLOGÍA

$\rho$  = Densidad del Aire

$v$  = Velocidad del viento

$p$  = Presión barométrica

$h_r$  = Humedad relativa

$t_a$  = Temperatura del aire

$R$  = Radiación solar

$msnm$  = Metros sobre el nivel del mar

$A_b$  = Área de barrido del Aerogenerador

$S$  = Área de incidencia del panel

$t_p$  = Temperatura de superficie del Panel

$\emptyset$  = Ángulo de desfase

$V$  = Voltaje

$A$  = Amperaje

$\text{Cos } \emptyset$  = Factor de Potencia

$AC$  = Corriente alterna

$DC$  = Corriente directica o continua

$Wp$  = Vatios pico

$dt$  = mínimo incremento de tiempo

$dP$  = mínimo incremento de potencia

$P_{eólica}$  = Potencia Eólica

$P_{solar}$  = Potencia solar

**P<sub>eólica útil</sub>** = Potencia Eólica Útil

**P<sub>DC</sub>** = Potencia en Corriente Directa

**W<sub>DC</sub>** = Energía en Corriente Directa

**Wh-d** = Energía consumida en el día

**P** = Potencia Activa

**Q** = Potencia Reactiva

**S** = Potencia Aparente

**V<sub>rmsDC</sub>** = Voltaje eficaz

**V<sub>max</sub>** = Voltaje máximo

**In** = Entradas

**Out** = Salidas

**I/O** = Entradas/Salidas DAQ

**AI** = Entradas Analógicas

**AO** = Salidas Analógicas

**P0.0** = Puerto Digital 0 y línea 0 de la DAQ

**Dev.** o **Dv.** = Dispositivo

**DAQ** = Tarjeta de adquisición de datos

**VI** = Instrumento virtual o programa de LabVIEW

**SubVI** = Sub programa de LabVIEW

**PC** = Computadora de escritorio

**CPG** = Circuito de Protección Galvánica

**K** = Bobina o contacto de Relé



## **a.-TÍTULO**

Diseño de un Sistema de Supervisión y Gestión Energética, Automatizado y en Tiempo Real, para la Casa Autosustentable de la Universidad Nacional de Loja.

## **b. RESUMEN**

En el presente proyecto de Tesis se diseñó un Sistema, Software y Hardware, que realiza el monitoreo en tiempo real de las principales variables meteorológicas y eléctricas que influyen directamente en la generación eléctrica Eólica/Solar de la Casa Autosustentable del AEIRNNR. Se determinó las condiciones de operación de la casa autosustentable y sistemas de generación renovables. El sistema monitorea un total 36 variables, de las cuales 19 son analógicas y 17 son digitales. La Metodología desarrollada permite al usuario que se relacione indirectamente con el sistema de generación eólico/solar, convirtiéndose en una potente aplicación de escritorio con visualización web, desde la cual se realiza automáticamente la gestión y supervisión energética de la casa autosustentable. LabCIER, como se denominó al sistema, fue puesto a prueba simulando las variables de entrada de las DAQ y adquiriendo las variables de la Estación Meteorológica; obteniendo resultados aceptables que permitieron validar el mismo. El software permite hacer el estudio de la energía eólica/solar correlacionando la teoría con la práctica, proporcionando una extensa base de datos que puede servir para el desarrollo de modelos matemáticos del sistema de generación. Además, dado que LabCIER se desarrolló para ser compartido vía web, se convierte en un proyecto emblemático de la Universidad Nacional de Loja, el mismo que permite a otras universidades utilizar éste sistema. Es necesario dar mantenimiento continuo a los instrumentos de monitoreo (limpieza de sensores) y el kit de generación eólico/solar (limpiar superficie de paneles y engrasar eje del aerogenerador) para evitar obtener lecturas erróneas de los sensores y obtener el máximo rendimiento de los paneles y el aerogenerador; además, se debe rediseñar la obra civil a fin de que brinde mayor seguridad a los equipos tanto de generación como instrumentos de monitoreo y control.

## **b. SUMMARY**

In this thesis project a software and hardware system was designed which performs real-time monitoring of the foremost weather and electrical variables that directly influence the power generation of the self-sustaining Wind and Solar House of AEINSR. The operating conditions of the self-sustaining house and the renewable generation systems were defined. The system monitors a total of 36 variables, of which 19 are analog and 17 are digital. The methodology developed allows the user to relate indirectly with the wind and solar generation system, thus turning it into a powerful desktop application with web display, from which the management and supervision of the energy of the self-sustaining house can be performed. The system was called LabCIER and it was tested by simulating the input variables of the DAQ and acquiring variables from the Meteorological Station, and therefore by obtaining acceptable results it permitted self-validation. The software allows for the study of wind and solar energy correlating theory with practice and providing a comprehensive database that can be used to develop mathematical models of system generation. Moreover, since LabCIER was developed to be shared via the web, the project becomes an emblematic project for National University of Loja. It is essential to continuously maintain the monitoring instruments (sensor cleaning) and the wind and solar generation instruments (clean the surface panels and lubricate the turbine shaft) to avoid getting erroneous readings from the sensors and to get the most out of the panels and the turbine. In addition this civil work must be redesigned to provide greater security for both the generation equipment as well as the monitoring and control instruments.

## c.- INTRODUCCIÓN

La vida, en todas sus formas, es completamente dependiente de la energía. En todos los procesos vitales está involucrada la energía, sea de forma directa o indirecta. Aparte de la alimentación, para el hombre moderno es impensable la vida sin iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, las telecomunicaciones, entre otros.

El acelerado incremento de la demanda energética, debido a la revolución industrial y tecnológica principalmente, ha creado desestabilización con la oferta energética, a tal punto que se han producido racionamientos energéticos a nivel global. Para evitar los estiajes y cortes de energía en nuestro país el gobierno prevé duplicar la generación de electricidad hasta el 2016, con una potencia instalada de 6770 MW. Además, el gobierno ha creado nuevas políticas e incentivos para la óptima utilización de la energía; así como incentivos a través de financiamientos de proyectos de investigación en energías renovables y eficiencia energética.

Gracias estos incentivos, en nuestra Universidad se llevó a cabo el proyecto denominado *DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR*, que dejó como resultado un prototipo de vivienda sostenible que cuenta con cinco proyectos de generación renovables como son: un calentador de agua por termosifón, un biodigestor para biogás, un tanque de almacenamiento de aguas lluvias, un sistema fotovoltaico para iluminación exterior y, un sistema de generación híbrido eólico/solar. Esta vivienda, que fue culminada en el 2010, fue diseñada para albergar una pequeña familia del sector rural integrada por 4 personas, misma que funcionaría como laboratorio para el estudio de las energías renovables; sin embargo, actualmente aquí se encuentran ubicadas las oficinas del Centro de Investigaciones de Energías Renovables y Eficiencia Energética C.I.E.R.E.E.; por lo que actualmente, por fiabilidad, los circuitos de la casa solo se alimenta de la energía convencional.

Este problema se da debido a que la generación por fuentes alternas (energías renovables) es muy inestable dado que los factores que inciden en su rendimiento cambian impredeciblemente durante el tiempo. Por estas razones es que se ha planteado, como principal problema de investigación, el siguiente:

## **PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN:**

*Inestabilidad del Suministro Energético Eólico Solar en la Casa Autosustentable del AEIRNNR de la UNL.*

## **OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar un sistema supervisor y de gestión energética que garantice la continuidad del suministro energético en la casa autosustentable del AEIRNNR aprovechando al máximo las energías renovables.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Levantar los planos de los circuitos de fuerza e iluminación.
2. Determinar cuáles variables se deben gestionar y cómo hacerlo en tiempo real.
3. Desarrollar una metodología de supervisión y gestión energética que involucre todos los sistemas de generación.
4. Diseñar un Software de Supervisión y Gestión Energética, con visualización web.
5. Comprobar la Operatividad y Funcionamiento del mismo.

## **d.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **d.1 CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.**

Las energías renovables, también conocidas como alternativas o no convencionales, son aquellas que provienen de fuentes virtualmente inagotables ya que tienen un ágil y natural capacidad de autoregenerarse, estas pueden ser la eólica, solar, hidráulica, mareomotriz, geotérmica, de biomasa, etc.

El uso de este tipo de energías aún tiene un alto costo de instalación, al menos para grandes potencias, dado que se encuentran en etapa de desarrollo; no obstante, muchos países sí cuentan con generación por fuentes renovables a pequeña escala, eólica y solar principalmente, y son utilizadas en casas del sector rural donde no es posible llegar con la red eléctrica convencional o es demasiado costoso hacerlo.

A este tipo de instalaciones se las conoce como sistemas aislados o autónomos y, generalmente, emplean diversas fuentes de generación en forma conjunta, con lo que reciben el calificativo de híbridos.

El presente proyecto de tesis comprende un prototipo de vivienda sustentable, misma que cuenta de un grupo de generación electro-energético híbrido Eólico/Solar, compuesto de Controlador, Inversor y Banco de baterías. Esta vivienda, actualmente, solo se abastece de la energía Convencional proporcionada por la EERSSA.

Para el diseño del Sistema se analizó cuáles variables es necesario monitorear, visualizar y cómo hacerlo; para ello se detalla las variables relacionadas a la Energía Eólica y Solar.

#### **d.1.1 Variables relacionadas a la Energía Eólica.**

“La potencia eólica disponible en un sector específico es proporcional a la densidad del Aire ( $\rho$ ), a la superficie de contacto con el viento (es decir, al área de barrido de las aspas del aerogenerador  $A_b$ ) y el cubo de la velocidad del viento ( $v$ ).”<sup>(4)</sup>

$$A_b = \pi R^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho \times A_b \times v^3 \quad \text{Ecuación 2}$$

Ya que una turbina eólica nunca puede extraer toda esta energía disponible, existe un factor que indica la eficiencia a partir de la relación entre la energía captada y la disponible. Este coeficiente se denomina límite de Betz, e indica que puede convertirse menos del 59% de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador. <sup>(8)</sup>

$$P_{\text{eólica útil}} = (0,59) \frac{1}{2} \rho \times A_b \times v^3 \quad \text{Ecuación 3}$$

#### d.1.1.1 Densidad del Aire, $\rho$

“La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa (o peso). Así, la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen”<sup>(4)</sup>. En otras palabras, cuanto más pesado sea el aire más energía recibirá el aerogenerador.

“La densidad estándar utilizada en la industria eólica es de 1,225 Kg/m<sup>3</sup>, en condiciones de presión atmosférica a nivel del mar y a 15°C de temperatura del aire” <sup>(4)</sup>

“Para condiciones diferentes, el Comité Internacional de Pesas y Medidas CIPM recomienda utilizar la formula CIPM-2007 para el cálculo de la densidad del aire ( $\rho$  en Kg/m<sup>3</sup>); en su versión simplificada (ecuación 4), considera la presión barométrica ( $p$  en hPa), la humedad relativa ( $h_r$  en %) y la temperatura del aire ( $t_a$  en °C).” <sup>(1)</sup>

$$\rho = \frac{0.34848 p - 0.009 h_r^{0.061} t_a}{273.15 + t_a} \quad \text{Ecuación 4}$$

La fórmula ofrece resultados con una incertidumbre relativa de aproximadamente  $24 \times 10^{-5}$  bajo las siguientes condiciones ambientales (incertidumbre de medición de  $p$ ,  $h_r$ ,  $t_a$  no incluidas)

$$600 \text{ hPa} \leq p \leq 1100 \text{ hPa}$$

$$20 \% \leq h_r \leq 80\%$$

$$15 \text{ °C} \leq t_a \leq 27 \text{ °C}$$

#### d.1.1.2 Presión barométrica, $p$

Es la presión que ejerce la columna de aire sobre un cuerpo, por eso a mayor altura menor es la presión barométrica. La presión barométrica estándar a nivel del mar es de 1Atm o 1013.25 hPa. Ésta variable también es medida por la estación meteorológica.

#### **d.1.1.3 Humedad relativa, $h_r$**

Es la cantidad o porcentaje de moléculas de agua presente en el aire. Ésta variable también es medida por la estación meteorológica y lo máximo a medir es 100%.

#### **d.1.1.4 Temperatura del aire, $t_a$**

Conocida como temperatura ambiente, es la energía calorífica acumulada en el aire. En días muy calurosos puede llegar a 40°C.

#### **d.1.1.5 Velocidad del viento, $v$**

Es la rapidez con que se desplaza el aire en la atmósfera con relación a la superficie terrestre, es causada por la diferencia de densidades de las masas de aire. La escala de Beaufort (ver tabla 1) determina el tipo de viento según su velocidad.

**Tabla 1.** Escala de vientos Beaufort

<b>FUERZA</b>	<b>Escala de Medición (m/s)</b>	<b>Descripción</b>
F 0	0 – 0.2	Calma
F 1	0.3 – 1.5	Ventolina
F 2	1.6 – 3.3	Brisa muy débil
F 3	3.4 – 5.4	Brisa débil
F 4	5.5 – 7.9	Brisa moderada
F 5	8.0 – 10.7	Brisa fresca
F 6	10.8 – 13.8	Brisa fuerte
F 7	13.9 – 17.1	Viento fuerte
F 8	17.2 – 20.7	Temporal
F 9	20.8 – 24.4	Temporal fuerte
F 10	24.5 – 28.4	Temporal duro
F 11	28.5 – 32.6	Temporal muy duro
F 12	+ de 32.7	Temporal huracanado

Fuente: Página Web INAMI

#### **d.1.1.6 Dirección del viento, $\vartheta$**

Es el punto del horizonte de donde viene o sopla el viento. Para distinguir los diferentes puntos en los que sopla el viento hay que basarse en los principales rumbos de la brújula, según la conocida rosa de los vientos. Ésta variable es medida, en grados (°), por la estación meteorológica. Su relación con los puntos cardinales es como la tabla 2



**Tabla 2.** Dirección del viento según disposición de la veleta

En Grados	Puntos Cardinales
0° = 360°	Norte
90°	Oeste
180°	Sur
270°	Este

Fuente: Los Autores

#### **d.1.1.7 Rosa de los vientos.**

Se trata de una circunferencia que tiene marcados rombos que indican los puntos cardinales (N-Norte, S-Sur, E-Este, O-Oeste) y/o la dirección del viento (SO-Sudoeste-Lebeccio, O-Oeste-poniente, NO-Noroeste-Mistral, N-Norte-Tramontana, NE-Nordeste-Gregario, E-Este-Levante, SE-Sudeste-Siroco, S-Sur-Mediodía). (Ver Fig. 1)

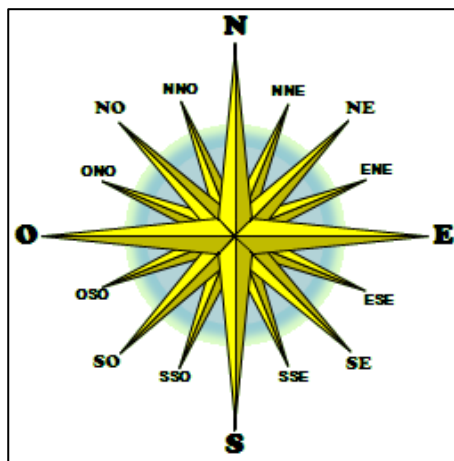


Figura 1. Rosa de los vientos: Dirección

En la rosa de los vientos también se puede mostrar hacia donde apunta la mayor densidad de valores registrados o dirección del viento predominante. Se puede promediar los valores de velocidad en cada dirección y obtener valores máximos y promediados de la velocidad del viento en función de cada dirección.

#### **d.1.2 Variables relacionadas a la Energía Solar.**

“La cantidad de energía generada por los paneles fotovoltaicos depende de la inclinación que se les dé a los mismos, mientras más perpendicularmente le llegue la radiación solar mejor se aprovechará la energía suministrada a los mismos.

Comercialmente se los puede encontrar con una eficiencia de alrededor del 15%.”<sup>(7)</sup>. En este caso los paneles tienen una inclinación fija y lo que varían son las condiciones climatológicas.

La potencia solar disponible en un sector específico es proporcional a la radiación solar ( $R$  en  $W/m^2$ ) y al área de incidencia (superficie de la placa fotovoltaica  $S$  en  $m^2$ ).

$$S = (\text{largo}) \times (\text{ancho}) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$P_{\text{solar}} = R \times S \quad \text{Ecuación 6}$$

“En la práctica, la potencia del panel fotovoltaico disminuye aproximadamente un 0,5% por cada grado de aumento de temperatura de la célula ( $t_p$ ) por encima de los  $25^\circ\text{C}$ , y como consecuencia, la potencia útil del panel sería.”<sup>(9)</sup>

$$P_{\text{solar útil}} = P_{\text{solar}} [1 - (t_p - 25) * 0.005] \quad \text{Ecuación 7}$$

Si la temperatura de superficie del panel es menor o igual a  $25^\circ\text{C}$ , no hay pérdidas de potencia, o al menos no es comprobado, por lo que solo se considerará pérdidas por el aumento de la temperatura que pase los  $25^\circ\text{C}$ . Ésta pérdida de energía se la considera para el dimensionamiento de proyectos solares aunque en el caso del Sistema desarrollado interesa la energía incidente total, si luego hay pérdidas no interesa ya que se pretende relacionar lo que entra de lo que sale de forma global.

Existe una variable que es utilizada en proyectos de energía hidráulica, esta es la **precipitación**; se la recalca ya que la estación meteorológica con que cuenta la Universidad también mide ésta variable, su unidad es  $\text{cm/h}$ , es decir, si el sensor da  $10\text{cm/h} = 360\text{m/s}$ , en un área de  $1\text{m}^2$  se tendrá un volumen de agua de  $360\text{m}^3$  incrementándose cada segundo.

### **d.1.3 Variables relacionadas a la Energía Eléctrica.**

Una **corriente directa** (DC) es aquella que permanece constante respecto al tiempo y, la **corriente alterna** (CA) es aquella que varía sinusoidalmente respecto al tiempo.

#### **d.1.3.1 Potencia y Energía DC.**

La potencia generada o consumida (dada en watts) en un circuito de DC está dada por:

$$P_{DC} = v \cdot i \quad \text{Ecuación 8}$$

La energía generada o consumida (dada en kW.h) en un circuito de DC está dada por:

$$W_{DC} = \int P_{DC} dt \quad \text{Ecuación 9}$$

### d.1.3.2 Potencia y Energía AC.

En un circuito AC existen tres tipos de potencias, la activa, reactiva y la aparente. La energía que pagamos es la producida por la potencia activa (potencia que se transforma en trabajo útil), se la representa con la letra P y su unidad es el Watt; la potencia reactiva, que sirve para crear el campo magnético en los motores, se la denomina con la letra Q y su unidad es el VAR; la Potencia Aparente se la representa con la S y su unidad es el VA. Esto se debe a que existe un ángulo de desfase  $\phi$  entre el voltaje y la corriente que aumenta o disminuye el aprovechamiento de la potencia efectiva y, el  $\cos \phi$ , se lo denomina factor de potencia. Las potencias quedarían así:

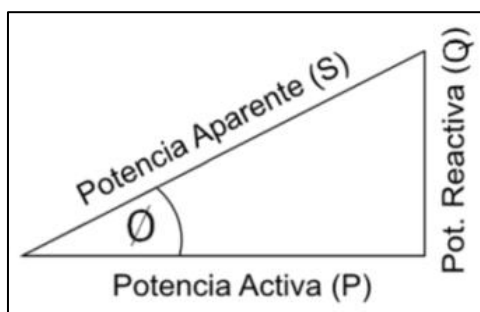


Figura 2. Triángulo de potencias

$$S = v \cdot i \quad \text{Ecuación 10}$$

$$P = S \cdot \cos \phi = v \cdot i \cdot \cos \phi \quad \text{Ecuación 11}$$

“En la Provincia de Loja, la empresa suministradora de energía eléctrica es la EERSSA, misma que en su reglamentación vigente contempla que el **factor de potencia** promedio mensual de sus clientes debe ser mayor o igual a **0.92** en retraso, caso contrario se aplicará la penalización por bajo factor de potencia.”<sup>(11)</sup>

La energía generada o consumida en un circuito de AC está dada por:

$$W_S = \int S \cdot dt \quad \text{Ecuación 12}$$

$$W_P = W_S \cdot \cos \phi \quad \text{Ecuación 13}$$

Es importante tener en cuenta que la potencia se calcula con los voltajes y corrientes eficaces o RMS (Valor medio); en corriente directa DC, el valor medio es igual al valor máximo o pico pero, en corriente alterna AC, el valor medio varía de acuerdo a la forma de onda, como la AC es sinusoidal, el voltaje y corriente RMS es igual a:

$$V_{rms_{DC}} = V_{max} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$V_{rms_{AC}} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$I_{rms_{AC}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{Ecuación 16}$$

#### **d.1.4 Coste energético y Contaminación ambiental.**

El costo energético y la contaminación ambiental, producto del consumo energético, dependen del tipo de abonado o cliente y del tipo de energía consumida que a su vez depende del horario de consumo, ya que existen horarios (horas pico) donde entran a generar los sistemas más ineficientes (mayor costo de producción) y contaminantes.

En este caso se ha considerado, para efectos de facturación del suministro energético, como si se tratase de para un abonado tipo **Residencial**. Para determinar cuánta contaminación se ha dejado de emitir a la atmósfera, se lo ha comparado como si la energía eléctrica proviniera de la generación por carbón sin tomar en cuenta el horario de consumo.

##### **d.1.4.1 Costo por consumo energético.**

Es el producto del consumo energético en kW.h por el costo de cada kW.h, así:

$$\$_{Total} = W. \$_{Unidad} \quad \text{Ecuación 17}$$

En la práctica, la EERSSA factura de forma escalonada, para lo cual se debe tener en cuenta el tipo de cliente y su consumo energético máximo mensual. La Empresa Eléctrica ha elaborado tablas (ver tabla 3) para el cálculo del costo energético de acuerdo a intervalos de consumo.

Si el consumo está entre 0 y 50 kWh, la formula a emplear sería:

$$\$_{0-50} = W. (0,081) \quad \text{Ecuación 18}$$

Si el consumo es mayor que 50 pero menor o igual a 100, la formula a emplear sería:

$$\$_{0-100} = 50(0,081) + (W - 50)(0,083) \quad \text{Ecuación 19}$$

**Tabla 3.** Costo por cada kW.h para Clientes Residenciales

Rango de Consumo	Energía (USD/kWh)
0-50	0.081
51-100	0.083
101-150	0.085
151-200	0.087
201-250	0.089
251-300	0.091
301-350	0.093
351-Superior	0.095

Fuente: Página Web EERSSA (Anexo 1)

#### **d.1.4.2 Contaminación ambiental por consumo energético.**

“Cada kW.h de electricidad generada por energías renovables, en lugar de carbón, evita: **0.60 Kg. de CO<sub>2</sub>** (dióxido de carbono), **1.33 gr. de SO<sub>2</sub>** (dióxido de azufre) y, **1.67 gr. de NO** (óxido de nitrógeno).” <sup>(8)</sup>

Para el cálculo de la contaminación ambiental que se estaría dejando de emitir a la atmósfera solo basta multiplicar la cantidad de kW.h consumidos por los factores de emisión (constantes descritas anteriormente).

$$gr. = (KW.h) \times (Constante de Emisión) \quad \text{Ecuación 20}$$

## d.2 CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LABVIEW.

### d.2.1 LabVIEW.

“LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA.

Incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos, GPIB y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la comunicación con otros programas de cálculo como MATLAB.

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos (llamados Vis o Instrumentos Virtuales) o sub-módulos (Sub-VIs) mucho más sencillos. Además, estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa. LabVIEW también tiene incorporado generadores de señales para hacer simulaciones.

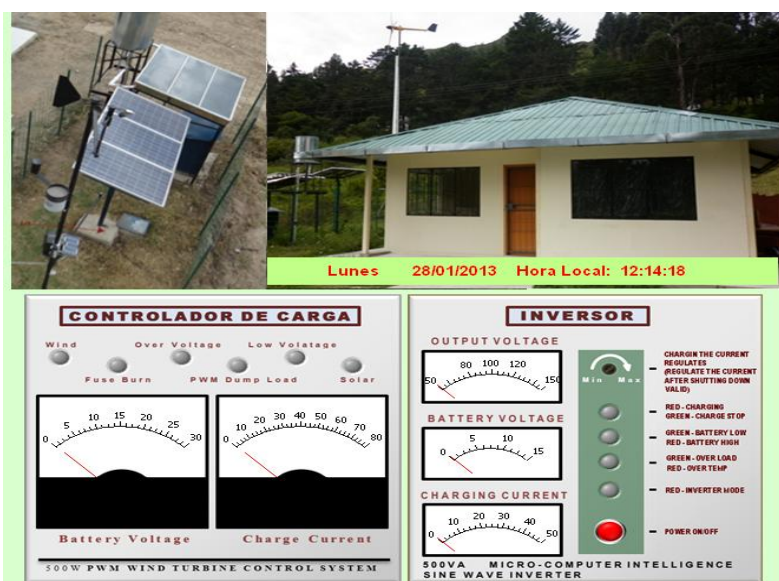


Figura 3. Panel Frontal.

Existen dos ventanas en LabVIEW: el *Front Panel* (Panel Frontal) y el *Block diagram* (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal (Figura 3) es la interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos (Incluso mejorado con una interfaz amigable para el usuario). Este contiene gran variedad de controles e indicadores, pero además se pueden diseñar controles e indicadores personalizados, lo cual permite tener una amplia gama de ellos.”<sup>(3)</sup>

El Diagrama de Bloques (Figura 4) es la cara oculta del Panel Frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver. En ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose mucho a un diagrama de esquema eléctrico. Aquí se encuentra toda la programación de la aplicación en lenguaje gráfico.

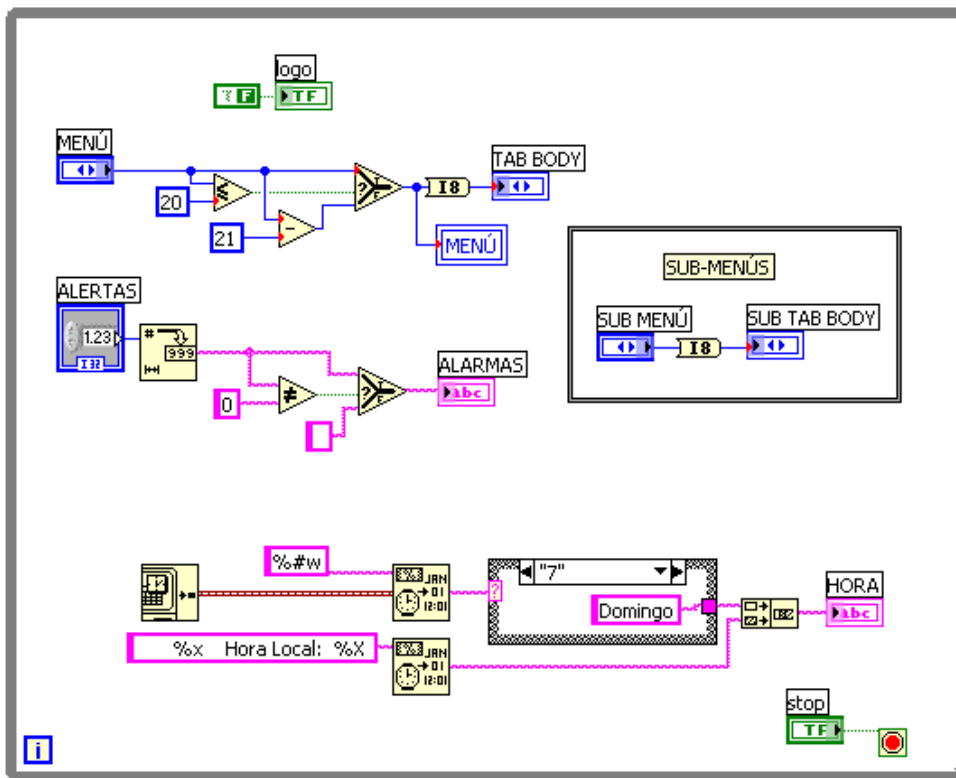


Figura 4. Diagrama de Bloques.

LabVIEW permite conectarse a otras aplicaciones mediante un intercambio de datos como Active X, librerías dinámicas, bases de datos, Excel y/o a protocolos de comunicación como Data Socket, TCP/IP, UDP, RS-232, entre otras.

Por estas razones se ha preferido usar LabVIEW para desarrollar el Sistema de Supervisión y Gestión, toda vez que la Universidad sí cuenta con la licencia del mismo.

### d.2.2 Sistemas de Adquisición de Datos (DAQ).

Un sistema de adquisición de datos DAQ (*Data Acquisition*) es la interfaz entre el mundo físico y el mundo digital; comprende algunas etapas o componentes (Figura 5) como son: Señal Física a medir, Sensores o Transductores, etapa de Acondicionamiento, etapa de Adquisición y, la PC con el software de adquisición. Existen sensores comerciales que tienen intrínseco la etapa de acondicionamiento (viene integrado), dando a la salida señales normalizadas de 0-10V, 0-20mA, 4-20mA, para conectar directo a las DAQs.

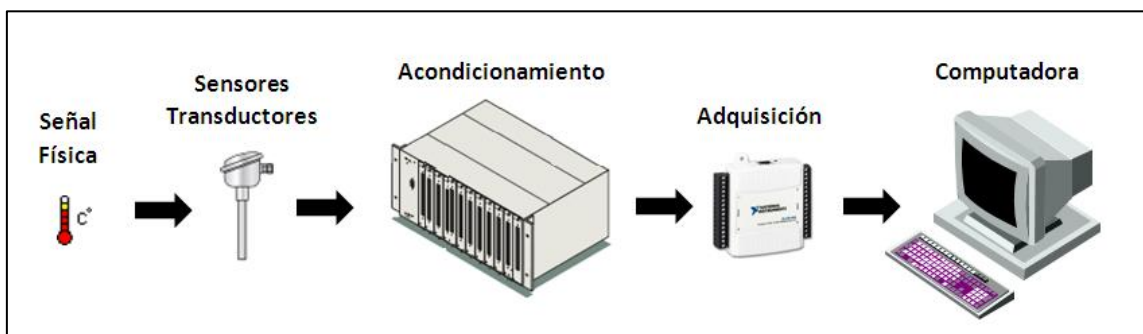


Figura 5. Esquema general de un Sistema de Adquisición de Datos.

El Esquema general únicamente no se cumple cuando se están midiendo señales eléctricas directamente como voltaje y corriente y, en este caso, el acondicionador de señal no es más que un divisor de voltaje que evita que le ingrese más voltaje de lo permitido a la DAQ.

“La tarea fundamental del sistema DAQ es la medición y la generación de señales físicas y eléctricas, respectivamente, del mundo real. Antes de que un sistema basado en computadoras pueda medir una señal física, un sensor o transductor deberá convertir las señales físicas en señales eléctricas, como voltaje o corriente” <sup>(10)</sup> y, en caso de medir señales eléctricas, antes debe pasar por un divisor o atenuador de señal para evitar dañar en dispositivo de adquisición, en este caso la DAQ.

En términos más o menos técnicos se puede decir que una DAQ no es más que un conversor de Analógico a Digital A/D y viceversa. La tarjeta de adquisición de datos convierte señales analógicas en digitales que es lo que entiende la PC; así mismo, desde la PC se le envían señales digitales que luego serán convertidas en salidas analógicas. Para que esto ocurra, debe existir una comunicación entre la PC y la DAQ, que se logra



por medio de los controladores (drivers) y software de aplicación, en este caso LabVIEW y el Measurement & Automation, ambos instalado en el mismo paquete.

#### **d.2.2.1 Tarjeta de Adquisición de Datos USB 6008.**

National Instruments tiene una gran gama de tarjetas de adquisición de datos, estas pueden ser tarjetas de propósito específico para hacer mediciones de Termopares, Galgas extensiométricas, etc.; en dependencia de las señales a censar o controlar, número de canales, velocidad y resolución en el muestreo, etc. Existe una Tarjeta de adquisición de datos hecha específicamente para la comunidad estudiantil (es la más económica) y que cuenta con 12 bits de resolución y una tasa máxima de muestreo de 10 kS/s, suficientes para la aplicación a realizar, aunque el número de canales no son suficientes por lo que se optó por usar dos de éstas tarjetas para la etapa de adquisición de señales, esto dado que seguía siendo más barato comprar dos de éstas tarjetas antes que una que tenga los canales suficiente para hacer la adquisición.

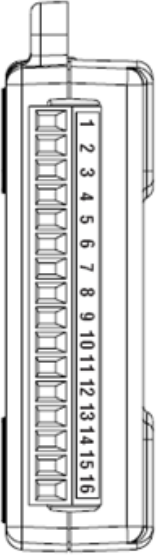
Nota: Se consideró usar la DAQ 6008 ya que la Universidad cuenta con ésta tarjeta.

#### **Características de la tarjeta USB 6008:**

- Canales de entrada analógica: 8 en conexión unipolar o 4 en diferencial.
- Resolución de entrada analógica: 12 bits en diferencial y 13 bits en unipolar.
- Tasa máxima de muestreo: 10 kS/s (10.000 muestras/s).
- Voltaje de trabajo  $\pm 10V$ , con una protección de sobretensión de  $\pm 35V$ .
- Canales de salida analógica: 2 con 12 bits de resolución.
- Canales digitales: 12, configurables como I/O independientemente
- Contador: 1 con 32 bits de resolución y una frecuencia de entrada máxima de 5 MHz con un ancho de pulso mínimo de 100 ns.

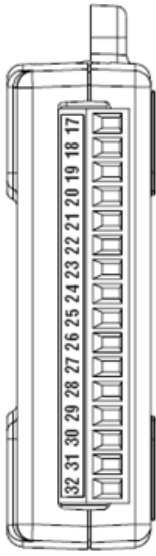
En las tablas 3 y 4 se muestran la designación para cada uno de los conectores de las terminales tanto analógicas como digitales de la DAQ 6008/6009.

**Tabla 4.** Designación de las terminales analógicas

Módulo	Terminal	Señal, modo unipolar	Señal, modo diferencial
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Fuente: Manual DAQ 6008/6009

**Tabla 5.** Designación de las terminales digitales

Módulo	Terminal	Señal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Fuente: Manual DAQ 6008/6009

### d.2.2.1.1 Medición Entradas analógicas.

La tarjeta 6008 tiene entradas de voltaje de  $\pm 10V$ . Sus canales analógicos de entrada pueden ser configurados de tal forma que se pueda tomar mediciones en modo diferencial o terminal común. A continuación se explica los dos tipos de configuración.

#### Canales de entrada diferenciales

El modo de entrada diferencial se puede medir señales de  $\pm 20 V$  en un rango de  $\pm 20 V$ . Sin embargo, el voltaje máximo en uno de los pines es de  $\pm 10 V$  (pico-pico) con respecto al GND. Por ejemplo, como se puede observar en la figura 6, si AI 1 es  $+10 V$  y AI 5 es  $-10 V$ , entonces la medida retornada es  $+ 20 V$ . Si el voltaje aplicado en uno de los pines es mucho mayor que  $\pm 10 V$ , la salida regresa una señal incompleta.

Para señales diferenciales se conecta el conductor positivo de la señal a la terminal AI + y el conductor negativo al terminal AI -, tal como se muestra en la figura.

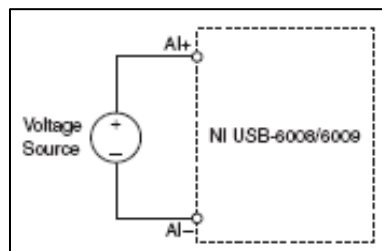


Figura 6. Conexión de una señal de voltaje diferencial.

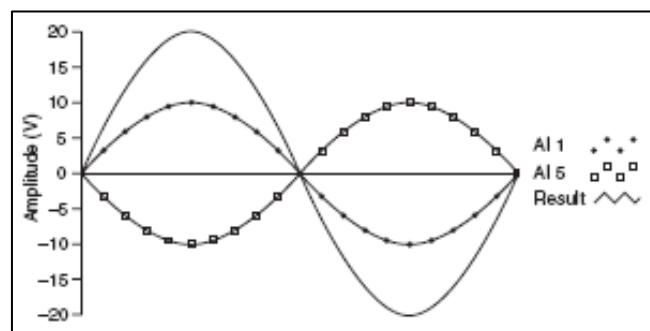


Figura 7. Ejemplo de una medida diferencial de 20V

#### Canales de entrada de terminal común

Para conectar señales de voltaje de terminal común (RSE), al módulo de adquisición de datos, se conecta la señal positiva de voltaje a la terminal de la entrada analógica deseada y la señal de tierra a la terminal GND de la tarjeta. Ver Figura 8.

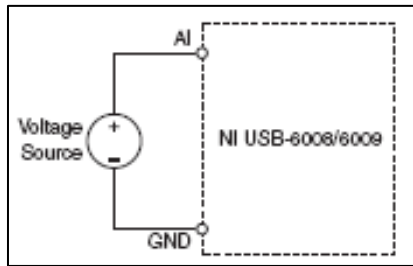


Figura 8. Conexión de una señal de voltaje de terminal común

#### d.2.2.1.2 Medición/Lectura Entradas/Salidas digitales.

El módulo de adquisición de datos 6008 tiene 12 líneas digitales P0. <0...7> y P1. <0...3>, cada uno comprende un puerto de Entrada /Salida digital. GND es la señal de referencia de tierra para los puertos digitales. Se puede configurar individualmente todas las líneas como entradas o salidas.

La figura 8 muestra el puerto P0. <0...7> conectado a señales configuradas como entradas y salidas digitales. Se puede configurar P1. <0...3> de igual manera.

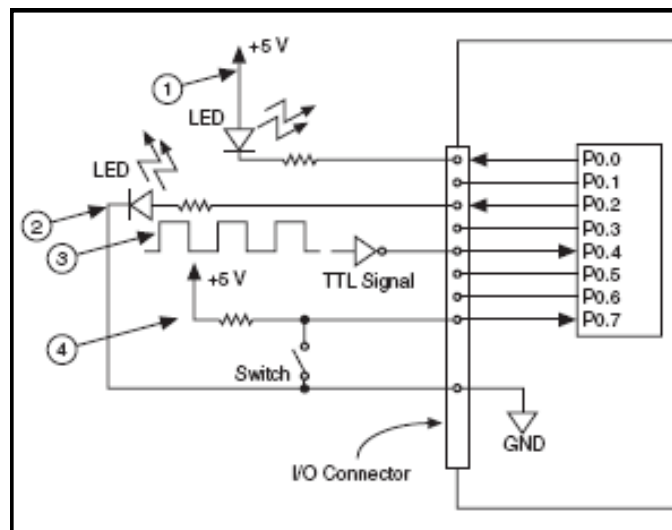


Figura 9. Ejemplo de conexión de los puertos digitales

En este proyecto se usó la conexión 4, de la Figura 8, para señales digitales de entrada y, para señales digitales de salida, la conexión 2.

#### d.2.2.1.3 Resolución, Rango, Ganancia, Frecuencia de muestreo.

Para realizar mediciones analógicas se debe tener en consideración algunos factores que afectan la calidad de la señal digitalizada como son: resolución, rango, ganancia, frecuencia de muestreo y ruido.

## Resolución

“La resolución es el número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar la señal analógica. Mientras mayor sea la resolución, mayor es el número de divisiones entre las cuales se divide el rango, y por lo tanto, menor es el cambio detectable de voltaje. Un convertidor de 3 bits, divide el rango en  $2^3$  u 8 divisiones. Un código binario entre 000 y 111 representa cada división. La siguiente figura muestra una onda senoidal y su imagen correspondiente obtenida con un ADC de 3 bits. Claramente, la señal digital no es una buena representación de la señal original porque se ha perdido mucha información durante la conversión.”<sup>(10)</sup> Al incrementar la resolución de 8 ( $2^3$ ) a 4.096 ( $2^{12}$ bits DAQ 6008) y por lo tanto, se puede obtener una representación muy cercana a la señal analógica.

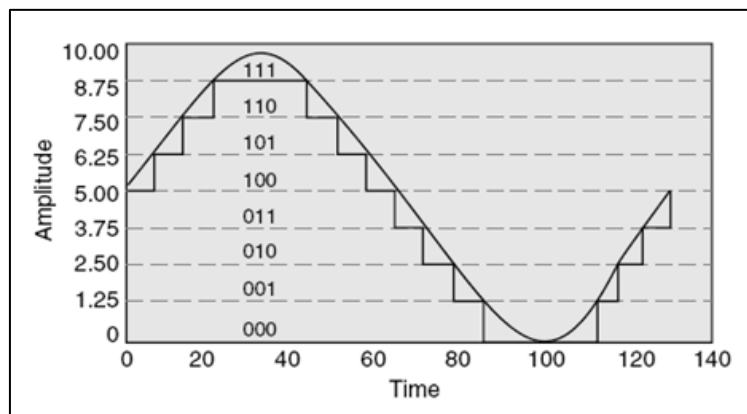


Figura 10. Resolución a 3 y 12 Bits

## Rango

“El rango se refiere a los niveles de voltaje máximo y mínimo que el ADC puede adquirir. La DAQ 6008 ofrece rangos máximos seleccionables entre 0 a 10 V o de -10 V a 10 V. Ajustando correctamente el rango de la señal de ese ADC se aprovecha al máximo la resolución disponible para medir la señal con mayor precisión.”<sup>(10)</sup>

## Ganancia

“La ganancia se refiere a cualquier amplificación o atenuación de la señal que pueda ocurrir antes de que la señal sea digitalizada. Al aplicar ganancia a la señal se disminuye o aumenta el rango de entrada de ADC y, por lo tanto, se permite que el ADC utilice tantas divisiones digitales como le sea posible para representar la señal.”<sup>(10)</sup>

El rango, la resolución y la ganancia disponibles determinan el menor cambio detectable en la entrada de voltaje. Este cambio de voltaje representa el bit menos significativo (LSB) del valor digital y es usualmente llamado ancho de código. Es el cambio de la variable más pequeño que se puede detectar, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{rango}}{\text{ganancia} \times 2^{\text{resolución bits}}} \quad \text{Ecuación 21}$$

Por ejemplo, para un sensor que mide temperatura con un rango de 0-100 °C de entrada y saca una señal de 0-10V, si mi rango de medida es igual de 0-10V, no tengo ganancia es decir es igual a 1 y, estoy usando la DAQ 6008 en modo diferencial, mi LSB o menor voltaje detectable sería de 2.4mV o 0.02°C.

### **Frecuencia de muestreo**

“Determina que tan seguido van a ocurrir las conversiones análogo-digitales. Una frecuencia de muestreo rápida adquiere más puntos en un momento determinado y por lo tanto puede ofrecer una mejor representación de la señal original que una frecuencia de muestreo lenta. Todas las señales de entrada deben ser muestreadas a una frecuencia de muestreo lo suficientemente rápida para reproducir fielmente la señal analógica. Muestrear lentamente puede resultar en una representación pobre de la señal analógica”<sup>(10)</sup>. Una alta frecuencia de muestreo también sirve para disminuir ruidos ya que se toman muchas más muestras la cuales pueden promediarse y sacar un valor más real.

#### **d.2.2.1.4 Tiempo Real.**

La frase “Tiempo Real” es relativa pues no existe proceso se desarrolle verdaderamente en Tiempo Real (tomándolo literalmente) ya que todo proceso tiene un tiempo de demora, aunque en milésimas de segundo pero tiene demora. Se considera una señal en tiempo real cuando se entrega inmediatamente después de realizar su captura.

No se debe confundir Tiempo real con inmediatez o rapidez de funcionamiento. No es la velocidad de la respuesta del sistema la que lo convierte en un sistema de tiempo real. El objetivo de los sistemas de tiempo real es asegurarse de que el tiempo de respuesta sea el adecuado para resolver el problema al cual el sistema está dedicado, y esto pueden ser días, horas, segundos o microsegundos dependiendo de la aplicación.”<sup>(18)</sup>

### **d.3 CAPÍTULO III: SERVIDORES Y PÁGINAS WEB.**

#### **d.3.1 Servidores Web.**

“Un servidor web es un programa que atiende a las diversas peticiones de los navegadores, proporcionándoles los recursos que solicitan mediante el protocolo HTTP o el protocolo HTTPS (la versión segura y cifrada de HTTP). Un servidor web básico tiene un esquema de funcionamiento muy sencillo, ejecutando de forma infinita el bucle siguiente:

1. Espera peticiones en el puerto TCP asignado (el estándar para HTTP es el 80).
2. Recibe una petición.
3. Busca el recurso en la cadena de petición.
4. Envía el recurso por la misma conexión por donde ha recibido la petición.
5. Vuelve al punto 2.”<sup>(5)</sup>

Un servidor Web es simplemente un servidor de archivo, que también puede ejecutar programas y entregar los resultados. En este sentido, los servidores Web podrían también considerarse como servidores de aplicación aunque, ocasionalmente, son sencillos o lentos.

Si un sitio es lento, los usuarios no sabrán por qué. Podría ser la red, el servidor o, incluso, su propio sistema; por ende es muy importante mejorar la percepción del sitio por parte del usuario, y esforzarse por controlar el servidor y su conexión a Internet.

##### **d.3.1.1 Componentes de un Servidor Web.**

Un Servidor Web se compone de hardware y software. La función principal de un Servidor Web es copiar los archivos, que conforman una página Web, del disco a la red con la mayor rapidez posible y para numerosos usuarios simultáneos. Una misión secundaria es ejecutar programas para numerosos individuos y entregar los resultados lo más rápidamente posible.

Todos los servidores web deben incluir, como mínimo, la capacidad para servir los ficheros estáticos que se encuentren en alguna parte concreta del disco. Un requisito imprescindible es la capacidad de especificar qué parte del disco se servirá<sup>(5)</sup>. La mayoría de servidores web permiten, además, añadir otros directorios para servir.

#### **d.3.1.2 Servidor Web Apache.**

“Apache es un servidor web de código libre, robusto, cuya implementación se realiza de forma colaborativa, con prestaciones y funcionalidades equivalentes a las de los servidores comerciales. El Servidor es actualizado por un grupo de voluntarios de todo el mundo que, usando Internet, planifican y desarrollan el servidor y la documentación relacionada.

Estos voluntarios se conocen como el **Apache Group**. Además del **Apache Group**, cientos de personas han contribuido al proyecto con código, ideas y documentación.

“**XAMPP** es un servidor independiente de plataforma, software libre, que consiste principalmente en la base de datos **MySQL**, el servidor **web Apache** y los intérpretes para lenguajes de script: **PHP** y **Perl**. El nombre proviene del acrónimo de **X** (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), **Apache**, **MySQL**, **PHP**, **Perl**.”<sup>(13)</sup>

El programa está liberado bajo la licencia GNU y actúa como un servidor web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicas. Actualmente XAMPP está disponible para Microsoft Windows, GNU/Linux, Solaris y MacOS X.”<sup>(5)</sup>

#### **d.3.2 Diseño de Páginas Web.**

“El lenguaje HTML (*HyperText Markup Language*) se utiliza para crear documentos que muestren una estructura de hipertexto. Un documento de hipertexto es aquel que contiene información cruzada con otros documentos, lo cual nos permite pasar de un documento, al referenciado desde la misma aplicación con la que lo estamos visualizando.

HTML permite, además, crear documentos de tipo multimedia, es decir, que contengan información más allá de la simplemente textual, como por ejemplo imágenes, video, sonido, subprogramas activos (*plug-ins*, *applets*), entre otros.

El lenguaje HTML no es el único lenguaje existente para crear documentos hipertexto. Hay otros lenguajes anteriores o posteriores a HTML (SGML, XML, entre otros.), si bien HTML se ha convertido en el lenguaje estándar para la creación de contenido para Internet.”<sup>(5)</sup>



### d.3.2.1 Estructura básica de una página web.

“El principio esencial del lenguaje HTML es el uso de las **etiquetas** (*tags*). Estas funcionan de la siguiente manera:

**<Inicio>** Este es el **inicio** de una etiqueta.

**</Fin>** Este es el **cierre** de una etiqueta.

Lo que haya entre ambas etiquetas estará influenciada por ellas. Por ejemplo, todo el documento HTML debe estar entre las etiquetas **<HTML>** y **</HTML>**:

**<HTML>** [Todo el documento] **</HTML>**

El documento en sí, está dividido en dos zonas principales:

- El **encabezamiento**, comprendido entre las etiquetas **<HEAD>** y **</HEAD>**
- El **cuerpo**, comprendido entre las etiquetas **<BODY>** y **</BODY>**

Dentro del encabezamiento hay información del documento que no se ve en la pantalla principal (Pantalla principal es la que ven los usuarios), principalmente el **título** del documento, comprendido entre las etiquetas **<TITLE>** y **</TITLE>**.

Dentro del cuerpo está todo lo que se quiere que aparezca en la pantalla principal (texto, imágenes, etc.) Por tanto, la estructura queda de esta manera:

**<HTML>**

**<HEAD>**

**<TITLE>** Título de la página **</TITLE>**

**</HEAD>**

**<BODY>**

[Aquí van las etiquetas que visualizan la página]

**</BODY>**

**</HTML>**”<sup>(2)</sup>

### d.3.2.2 Dreamweaver.

“Dreamweaver es un editor visual profesional para la creación y administración de sitios y páginas Web. Con Dreamweaver resulta fácil crear y editar páginas compatibles con cualquier explorador y plataforma.

Dreamweaver proporciona herramientas avanzadas de diseño y formateo, y facilita el uso de funciones de HTML dinámico, como capas y comportamientos animados, sin necesidad de escribir una sola línea de código. El establecimiento de destino de exploradores comprueba el trabajo para averiguar si hay problemas potenciales en las plataformas y los exploradores más habituales.

Dreamweaver se puede personalizar totalmente. Puede crear sus propios objetos y comandos, modificar menús y métodos abreviados de teclado, e incluso escribir código JavaScript para ampliar las posibilidades que ofrece Dreamweaver con nuevos comportamientos e inspectores de propiedades.”<sup>(6)</sup>

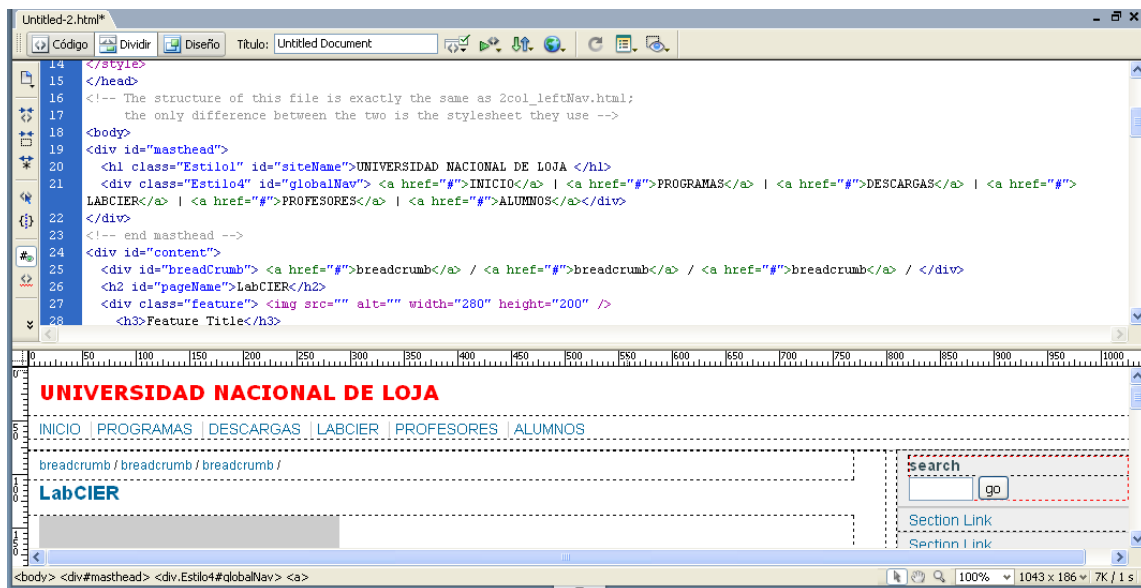


Figura 11. Pantallas principales de Dreamweaver.

Dreamweaver es un software que permite crear páginas web tanto de forma gráfica como escribiendo código (ver Fig. 11), el problema es que en los dos casos, uno menos que en el otro, hay que saber sobre programación web ya que no incluye páginas de ejemplo para editar o reusar código, sino que el usuario debe hacer todo o, en su defecto, copiar código de una página existente y editarla.

En esta tesis se usó Dreamweaver para editar y mejorar el código de las páginas web desarrolladas en otro software de diseño web como es Artisteer.

### d.3.2.3 Artisteer.

Artisteer es un software de diseño de páginas web. Tiene muchas plantillas de código para hacer, incluso, blog. Es muy fácil de usar pues tiene la apariencia de Word de Microsoft (ver Fig. 12). Este software tiene la particularidad que sugiere temas (ideas de diseño) y, con solo hacer clic, el diseño cambia hasta dejarlo a gusto del diseñador.

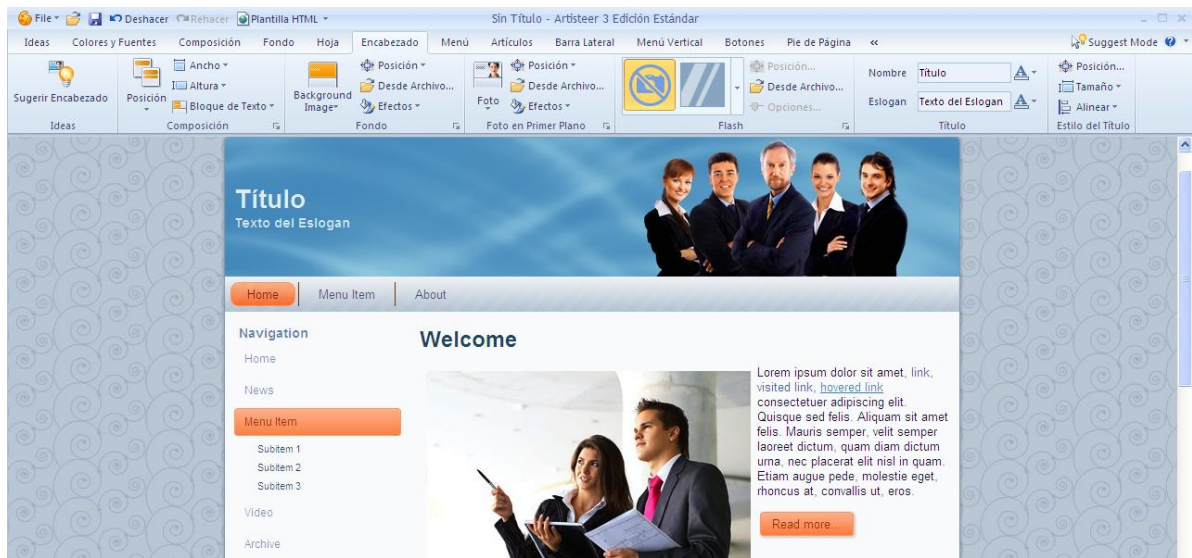


Figura 12. Vista del software Artisteer.

Como Artisteer es totalmente gráfico no se puede editar el código con éste software y, en caso de querer editar el diseño una vez terminado no se lo puede hacer pues no guarda cambios, por lo que se tiene que hacer el diseño nuevamente desde el inicio. Esto no es un problema si se tiene en cuenta que las páginas HTML se las puede editar en cualquier editor de texto blanco como el “Bloc de notas”, esto en caso de ya tener nociones sobre programación web. En este proyecto se prefirió usar el Dreamweaver para editar las páginas.

## **e.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **e.1 MATERIALES**

#### **e.1.1. Instrumentos de Medición y Cálculo.**

Los instrumentos utilizados para el diseño y simulación de la presente tesis son:

- GPS
- Brújula
- Flexómetro
- Nivel
- Multímetro.
- Osciloscopio
- Estación Meteorológica.
- Paneles Solares.
- Aerogenerador
- Kit de Generación Eólico/Solar
- Termómetro Laser Infrarrojo
- Fuente Regulable 24-5V
- Adaptador para extensión USB 50m
- DAQ 6008
- Resistencias 1/4W
- Transformadores 110/6V
- Calculadora
- Computadora

#### **e.1.2. Material eléctrico.**

El material eléctrico utilizado para la instalación o reubicación de instrumentos:

- Cable sólido #10AWG
- Cable cableado #10AWG
- Cable multipar 10 pares
- Canaletas
- Cinta aislante

### **e.1.3. Materiales para obra civil**

Los materiales utilizados para la realización de la obra civil son los siguientes:

- Tubo galvanizado de 2”
- Tubo PVC 2”
- Ladrillos
- Cemento
- Varilla
- Grava
- Arena

### **e.1.4. Software (Programas utilizados)**

Los programas utilizados para el diseño, análisis y cálculo en esta tesis son:

- HOBOWare Pro 3.3.1
- LabVIEW 8.2
- Measurement & Automation
- Artisteer 3.0
- Dreamweaver 8.0
- XAMPP 1.7.2
- Proteus 7.10
- Automation Studio 5.0
- AutoCAD 2012
- Photoshop 7
- Microsoft Office 2010

## **e.2 MÉTODOS**

Los métodos utilizados para el cumplimiento de los objetivos de la presente tesis son:

**Observación científica:** Este método permitió hacer el reconocimiento del proyecto y su emplazamiento, identificar la cantidad de variables físicas y eléctricas necesarias para la gestión energética y, determinar las condiciones en que se encuentran los equipos del sistema de generación híbrido. Por otro lado, ayudó a observar de una manera objetiva proyectos similares que facilitaron el entendimiento de este proyecto.

**Método Gráfico:** Este método se lo utilizó en el levantamiento de planos de disposición geográfica y conexión de los equipos. Estos se referenciaron con respecto a la Casa.

**Método de la Medición:** Este método fue utilizado para la determinación del tipo de variables a medir y sus valores máximos (en caso de no tener hoja de características) para seleccionar cantidad y tipo de sensores a utilizar; después, en las pruebas de medición del Sistema con los sensores finales para su respectiva calibración.

**Método Experimental:** Se utilizó para realizar la metodología de descarga de las variables de la Estación Meteorológica, en el cual se trabajó a base de prueba y error.

Este método también se utilizó en las pruebas finales de funcionamiento de sistema, donde se realizó la adquisición de datos con potenciómetros o simulando las entradas a las tarjetas de adquisición.

**Método Analítico Deductivo:** Se utilizó para analizar las hojas de características de los sistemas de generación e instrumentos de medición.

Este método, además, permitió determinar el software y hardware a utilizar; se elaboró un listado con las funciones que ofrecería el sistema a desarrollar y cómo se lo lograría hacer; además, se hizo diagramas esquemáticos de cómo se debía realizar la supervisión y gestión energética y, qué requisitos de software, hardware y obra civil se utilizarían.

**Método Científico:** Este método sirvió para el diseño de los algoritmos, tanto para el monitoreo y supervisión, como del Sistema en general.

**Método Analítico Sistemático:**

Este método permitió el Diseño del Software de Adquisición, Supervisión y Gestión Energética, ya que se lo diseñó desde lo particular a lo general. Primero se hizo los programas de propósito general o común y luego se los juntó para formar los Vis o programas o pantallas principales.

**Estadístico:** Fue utilizado en la realización del software, así como en la organización y registro, en bases de datos, de las variables monitoreadas.

## **f.- RESULTADOS**

### **f.1 CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.**

El Objeto de Estudio comprende toda la Instalación, incluyendo la Casa Autosustentable y los Sistemas de Generación Renovables.

#### **f.1.1 Descripción de las Instalaciones.**

Se trata de un Prototipo de Vivienda Autosustentable, diseñada como una casa rural de interés social, capaz de satisfacer las demandas electro-energéticas de una pequeña familia integrada por cuatro personas. Consta de una Sala, un Comedor, una Cocina, un Baño y dos Cuartos. Se encuentra emplazada en los patios del AEIRNNR de la UNL, transversal al Bloque 1 (Administración). Su ubicación geográfica es:

**Latitud:** -04°01'54" sur      **Longitud:** -79°11'58" oeste      **Altitud:** 2131 msnm

La cubierta de la vivienda tiene 4 vértices orientados intencionalmente a los puntos Cardinales. Se disponen, al Norte: con el Panel Solar Térmico, Paneles Solares Fotovoltaicos y el Aerogenerador; al Sur: con los Paneles Fotovoltaicos para iluminación exterior; al Este: con el tanque de almacenamiento de aguas lluvias y; al Oeste: Entrada principal de la casa.



**Figura 13.** Casa Autosustentable AEIRNNR-UNL.

Consta de un calentador de agua por termosifón, un biodigestor para biogás, un tanque de almacenamiento de aguas lluvias y, un sistema de generación autónomo eólico/solar.

El proyecto de **generación solar** fotovoltaico ya fue terminado y tiene una potencia pico instalada es de 300Wp (3 paneles fotovoltaicos de 100Wp/u).”<sup>(9)</sup>

El proyecto de tesis para **generación eólica** aún se encuentra en ejecución, aunque el aerogenerador ya está instalado y aportando al sistema híbrido una potencia nominal de 500W. Dando una potencia de generación instalada total de 800W

La casa, actualmente, está siendo usada como **oficinas** del Centro de Investigación de Energías Renovables y Eficiencia Energética **CIEREE** y, en éstos momentos, no se está abasteciendo de la energía renovable sino solo de la convencional, esto por fiabilidad ya que la carga instalada es mayor de lo que fue proyectada (ver tabla 5).

La casa consta de 2 circuitos para tomacorriente y 2 para iluminación, conectados a 2 breakers de 20A y 2 con breakers de 15A, respectivamente.

#### **f.1.1.1 Listado de aparatos eléctricos conectados en la casa.**

Para el cálculo del Sistema de Generación Solar, según informe de tesis del mismo, se consideró una Carga Instalada de **274W**<sup>(9)</sup>, de la cual 125W correspondía a iluminación y 149W a cargas conectadas a los tomacorrientes. Considerado el factor de horas de uso, determinaron que el consumo diario sería de **535.50 Wh-d.** (Ver tabla 8)

Sin embargo, actualmente, la casa tiene conectado otros aparatos eléctricos que consumen mayor potencia que los usados en el cálculo. Para mejor comprensión se realizó un levantamiento de los artefactos eléctricos existentes en la casa y preguntado, a los docentes investigadores ocupantes de la casa, su frecuencia de uso diario. En las Tablas 6 y 7 se puede observar los consumidores energéticos con su frecuencia de uso. En la Tabla 8 se puede ver los circuitos de forma general, haciendo una comparación entre lo proyectado y conectado realmente en la casa.

Haciendo una comparación general, se puede apreciar que el consumo energético en la casa es mucho mayor del que fue proyectado (y con razón pues el uso que se le da es distinto). La Carga Instalada en la casa se incrementó de 274W a 4305W, es decir, casi 15 veces más de lo proyectado.



**Tabla 6.** Luminarias conectadas actualmente (Circuitos de Iluminación).

Aparatos eléctricos	CANT	Potencia Promedio (W)	Potencia Total (W)	Horas uso Día (h)	Consumo diario (Wh/d)
Luminarias exteriores delanteras	1	20	20	4:00	80.00
Luminarias exteriores traseras	2	20	40	1.00	40.00
Luminarias Oficina delantera	1	20	20	4:00	80.00
Luminarias Oficina trasera	1	20	20	4:00	80.00
Luminarias Sala	2	20	40	4:00	160.00
Luminarias Baño	1	20	20	1:00	20.00
			<b>160.00</b>		<b>460.00</b>

Fuente: Los Autores

**Tabla 7.** Aparatos eléctricos conectados actualmente (Circuitos de Tomacorrientes).

Aparatos eléctricos	CANT	Potencia Promedio (W)	Potencia Total (W)	Horas uso Día (h)	Consumo diario (Wh/d)
Computadora de Escritorio 1	1	400	400	8:00	3200.00
Computadora de Escritorio 2	1	400	400	1:00	400.00
Computadora de Escritorio 3	1	400	400	1:00	400.00
Laptops Docentes	4	80	320	4:00	1280.00
Impresora copiadora	1	1100	1100	1:00	1100.00
Cafetera Eléctrica	1	900	900	0:45	405.00
Impresora HP 5200tn	1	625	625	0:45	281.25
			<b>4 145.00</b>		<b>7 066.25</b>

Fuente: Los Autores

**Tabla 8.** Potencias y Consumos diarios

Circuito	Carga Instalada (Potencia)				Consumo Diario (Energía)			
	Proyectada		Real		Proyectada		Real	
	W	%	W	%	Wh/d	%/d	Wh/d	%/d
Iluminación	125	45.6	160	3,70	245.0	45.7	460.00	6.10
Tomacorrientes	149	54.4	4 145	96.30	290.5	54.3	7 066.25	93.90
<b>Total:</b>	<b>274</b>	<b>100</b>	<b>4 305</b>	<b>100</b>	<b>535.5</b>	<b>100</b>	<b>7 526.25</b>	<b>100</b>

Fuente: Tesis Generación Fotovoltaica <sup>(9)</sup> y Los Autores

Cómo las cargas difícilmente trabajaran de forma simultánea, otro análisis que se hizo es en función de la Energía Promedio que consume la casa diariamente (en días hábiles claro); de **535.5 Wh** de consumo diario previstos, se estaría consumiendo **7526.25 Wh**, (Ver tabla 8) es decir, se incrementó 13 veces más de lo proyectado.

A pesar que no se está tomando en cuenta el aporte energético del Aerogenerador, que es un proyecto de tesis aún no entregado, no alcanzaría a suplir esa demanda pues éste es de 500W (67% más que los paneles fotovoltaicos que suman 300Wp). Además, el banco de baterías es el mismo que resultó del proyecto de generación solar fotovoltaica, sin incrementar en cantidad o cambiarlas por otras de mayor capacidad.

El inversor es lo único que fue cambiado y ahora tiene una potencia de conversión (DC/AC) mayor; de 250VA (inversor puesto por los tesisistas de los paneles solares) pasó a 500VA simultáneos (Ver Tabla 12), sin embargo, a pesar de duplicarse la potencia de conversión, no abastecería a suplir la demanda total de la casa pues, en caso de hacer una conexión simultánea de todos los aparatos o cargas eléctricas, que suman 4305W, solo abastecería al 11.6% de la carga total, provocando daños irreversibles al inversor

En conclusión, no es factible alimentar la vivienda solo con la Energía Renovable propuesta pues, el número de ocupantes de la casa como el número de aparatos eléctricos y sus frecuencias y tiempos de uso, han incrementado, siendo necesario reconsiderar qué circuitos de la casa se deben alimentar el Sistema híbrido Eólico/Solar.

Como la vivienda está dividida en 2 circuitos de fuerza y 2 de iluminación, y haciendo un análisis más detallado a las tablas 6-7-8, se puede evidenciar que, los **Circuitos de Iluminación**, que tiene un consumo diario de 460Wh, se aproxima mucho al Consumo de Diseño diario (535.5 Wh) en un **86%**. Por ello, y a fin de garantizar la continuidad del suministro energético en la casa, se consideró diseñar el Sistema de Gestión para que conmute la energía renovable solo en los Circuitos de Iluminación (Considerados como uno solo) y, los de fuerza o tomacorrientes se alimenten directamente de la energía convencional, toda vez que esos circuitos pudieran tener otras cargas fluctuantes sin tener que preocuparse si abastece o no el sistema de generación híbrido.

### **f.1.2 Sistema de Generación Híbrido Eólico/Solar actual.**

Comprendido de generador eólico, paneles solares, controlador, inversor y baterías.

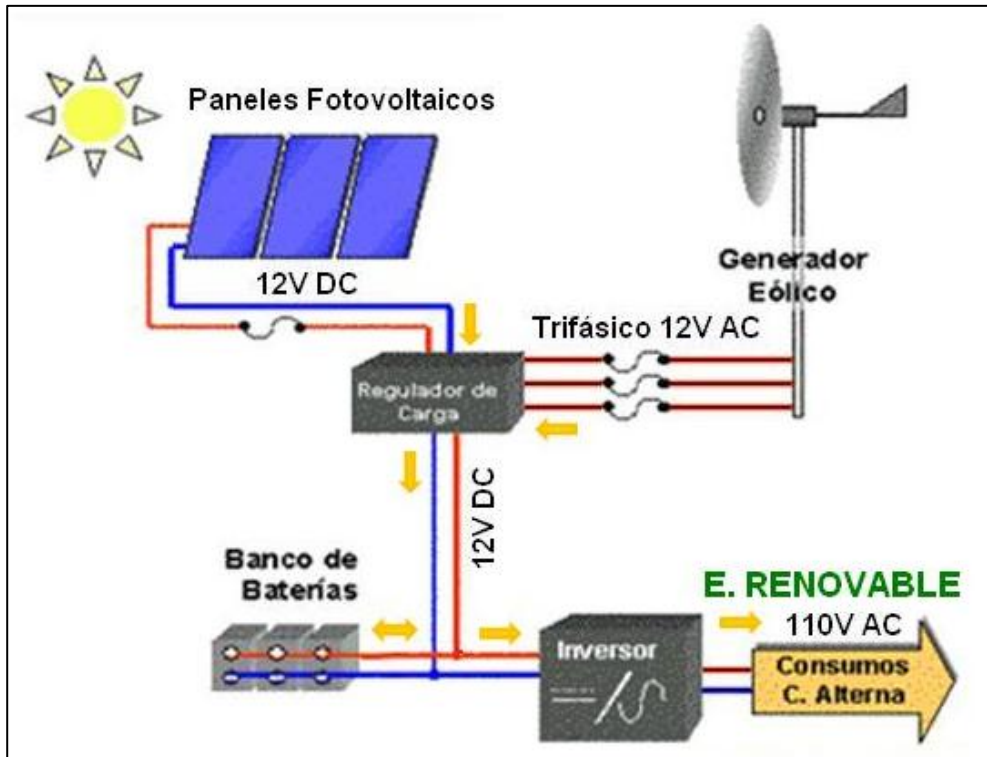


Figura 14. Diagrama de conexión del sistema híbrido eólico/solar.

### f.1.2.1 Generador Eólico.

“El Generador Eólico es un micro aerogenerador de *EXMORK* tipo eje horizontal de tres palas en fibra de vidrio reforzado, en un aerogenerador trifásico de imanes permanentes de alta eficiencia tipo NdFeB.”<sup>(15)</sup> Se encuentra ubicado en un poste de hormigón (12m) a una altura total de 13,5m sobre el suelo. Sus características son:

**Tabla 9.** Características técnicas del aerogenerador EXMORK

Potencia nominal/ máxima:	500/700 W
Diámetro de la hélice:	2.5 m
Velocidad Potencia Nominal:	8 m/s
Velocidad de Arranque:	2,5 m/s
Velocidad Trabajo:	3-25 m/s
Velocidad de Freno Automático:	45 m/s
Rotación a potencia nominal:	450 rpm
Voltaje de salida:	12VAC

Fuente: [www.exmork.com/500w-wind-turbine.htm](http://www.exmork.com/500w-wind-turbine.htm)

Su curva de rendimiento se muestra en la figura 15.

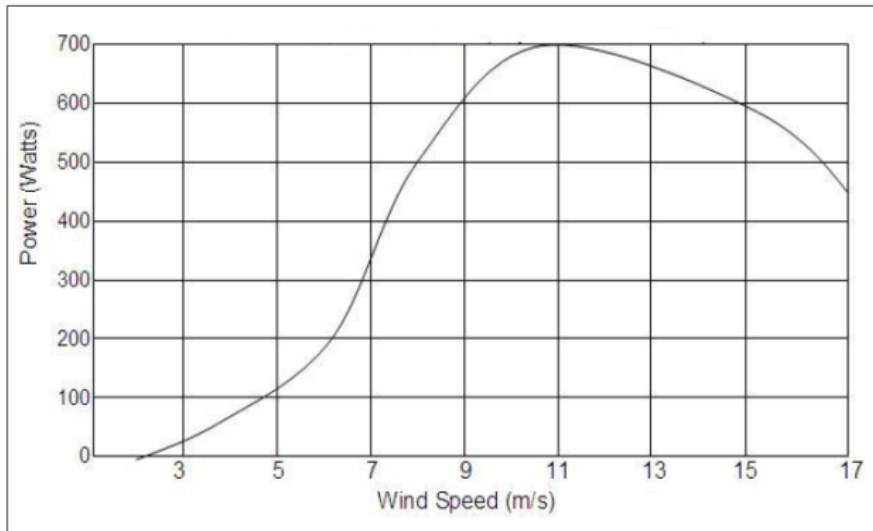


Figura 15. Curva característica de generación de potencia del aerogenerador <sup>(8)</sup>.

### f.1.2.2 Paneles Solares.

El sistema de generación solar se encuentra constituido por 3 paneles fotovoltaicos, en paralelo, del tipo policristalino de EXMOR modelo SF100 (300Wp en total). Cada panel tiene una caja de conexión que contiene 2 diodos Bypass (para flujo en una sola dirección). Sus características técnicas son:

Tabla 10. Características técnicas del panel fotovoltaico EXMORK

Potencia:	100 Wp
Voltaje máximo (Vmp):	17.5 VDC
Corriente máxima (Imp):	5.71 ADC
Voltaje de circuito abierto (Voc):	22.0 VDC
Corriente de corto circuito (Isc):	6.14 ADC
Dimensiones:	1130x670x35mm
Área de barrido:	0.7571 m <sup>2</sup>
Eficiencia de conversión	> 15.75%

Fuente: Hoja de características de los paneles EXMOR <sup>(17)</sup>

Los paneles se sujetan de un bastidor abatible que permite darles inclinación con incrementos de 5°. Su inclinación actual es de 15° frente al Norte, esta inclinación, según informe de tesis del sistema de generación fotovoltaico, es debido a que los paneles se encuentran en Ecuador, que tiene una Latitud 2° Norte y 5° Sur, dando como resultado una inclinación máxima de 15° con respecto a la horizontal. El bastidor se sujeta a una estructura de hierro a 2.3 m de altura desde el suelo.

### f.1.2.3 Controlador o regulador de Carga.

Se trata de un Controlador electrónico externo con tecnología PWM (Modulación por ancho de pulso), con disipador de energía. Es un controlador de aerogeneradores, aunque tiene entrada independiente para paneles fotovoltaicos, por lo que se lo considera como controlador híbrido. El controlador es de 500W, aunque soporta 300W en la entrada del panel lo que da un total de 800W. Sus características técnicas son:

**Tabla 11.** Características técnicas del controlador EXMORK

Potencia Solar:	300 W
Potencia Eólico:	500W
Voltaje Ent. Solar:	12 VDC
Voltaje Ent. Eólico:	12VAC 3~
Corriente Solar:	10ADC máx.
Voltaje Sal:	12 VDC
Autoconsumo:	10 W

Fuente: Catálogo ProViento <sup>(15)</sup>

A éste controlador no solo le ingresa energía continua o DC sino también alterna AC, razón por la cual internamente tiene un rectificador de onda completa.

El Controlador consta de un voltímetro analógico (Escala de 0-30VDC) conectado a la salida para medir voltaje en las baterías y un amperímetro analógico (Escala de 0-80ADC) para medir cuánta corriente se suministra a las mismas. Además, en su parte frontal tiene 6 LED que indican el estado actual del controlador. De izquierda a derecha se tiene: Generación Eólica, Fusible Abierto, Sobre Voltaje, Carga PWM, Voltaje bajo y Generación Solar.

### f.1.2.4 Inversor.

Se trata de un convertor de DC/AC, de 500 VA Marca *ISOVERTER*. Modelo ISOVERTER 500/12, con eficiencia del 90%. Inicialmente hubo un inversor de 250VA. Se conecta directamente a las Baterías con 2 cables # 10 AWG de 1m/u.

El Inversor se encuentra con conexión de puesta a tierra a una varilla de copperweld de 1.8m x 3/8", conectada directamente tanto al inversor como a la casa, con cable # 8 AWG de 1m de distancia al inversor y de 7m a la casa, aproximadamente.

**Tabla 12.** Características técnicas del Inversor EXMORK

Voltaje Entrada:	12 VDC
Rango de Entrada:	10 – 16 VDC
Potencia Nominal:	500 VA
Voltaje Salida:	110VAC
Variación Voltaje:	< 5%
Frecuencia Nominal:	60 Hz
Variación de Frecuencia:	< 1%
Autoconsumo:	< 50 mA

Fuente: Catálogo ProViento <sup>(15)</sup>

#### **f.1.2.5 Banco de Baterías.**

Comprendido por 3 baterías de Plomo-Ácido, modelo **OPS Solar 120 C100** de la marca **VARTA**. Tienen una Capacidad Nominal de 120 Ah cada una a 12V. Se conectan en paralelo lo que da 12V a la salida de las mismas y una capacidad total de 360Ah. Según informe de tesis del sistema de generación fotovoltaico, este banco de baterías se calculó para proveer de energía a la casa con 3 días de autonomía. <sup>(9)</sup>

Es importante considerar que se debe hacer un control de carga y descarga de las baterías a fin de alargar su vida útil. No se las debe sobrecargar ya que cuando se acercan al 100% de carga nominal, la tensión aumenta bruscamente y si no se interrumpe la corriente se produce la electrolisis del electrolito (desgasificación). Cuando la carga desciende por debajo del nivel permitido, la tensión disminuye rápidamente y, si no se las reconecta, se produce el fenómeno conocido como sulfatación y disminuye su capacidad de recarga.

En este caso se trata de baterías de ciclo profundo, que aceptan descargas hasta del 80% de su capacidad nominal sin que la vida útil de las mismas se vea afectada. <sup>(9)</sup>

#### **f.1.3 Estación Meteorológica.**

La U.N.L., en la Carrera de Ingeniería Electromecánica, cuenta con la Estación Meteorológica Onset HOBO U30 NRC, con sensores de la misma marca para medir: Precipitación (modelo S-RGB-M002), Presión Barométrica (modelo S-BPB-CM50), Radiación Solar (modelo S-LIB-M003), Velocidad y Dirección del Viento (modelo

U30NRC) y, Temperatura Ambiente y Humedad Relativa (modelo S-THB-M002+RS3). Además, mide el nivel de carga de sus baterías y calcula las Ráfagas de Viento y Temperatura del punto de rocío.

Los sensores no necesitan calibración ya que son tipo *Smart*, que vienen pre-calibrados. En total cuenta con 5 sensores, que es lo máximo permitido por este Registrador, a excepción que se coloque un módulo que le permita colocar 5 sensores más. La estación meteorológica reconoce automáticamente los sensores, mismos que se detallan debajo:

1. Sensor de velocidad y dirección del viento:

**Velocidad:** Rango: 0 - 44 m/s Resolución: 0.1 m/s Precisión: 0.5 m/s, 3%

**Dirección:** Rango: 0 - 358° Resolución: 1° Precisión: +/- 5°

2. Sensor de temperatura/ humedad:

**Temperatura:** Rango: -40 - 100°C Resolución: 0.1 °C Precisión: +/-0.2°C

**Humedad:** Rango: 0 - 100%RH Resolución: 1%RH Precisión: +/- 2.5%RH

3. Sensor precipitación:

**Precipitación:** Rango: 0 - 12.5cm/h Resolución: 0.2mm Precisión: +/-1%.

4. Sensor de presión barométrica:

**Presión:** Rango: 660 - 1070mBar Resolución: 0.1mBar Precisión: +/-3mBar

5. Sensor de irradiación:

**Radiación:** Rango: 0 - 1280 W/m2 Resolución: 1.25 W/m2 Precisión: +/-10 W/m2

“La Estación cuenta con un mini panel fotovoltaico de 3 Watt a 6V y una batería de 10 AHr (S100), lo que le permite tener independencia energética. Cuenta con 512k bytes de memoria equivalente a 500.000 registros a intervalos mayores a 1 segundo, esto es debido a que primero hace la lectura, promedia los valores y los guarda.”<sup>(12)</sup>



**Figura 16.** Estación Meteorológica Onset HOBO U30 NRC

Según los mismos fabricantes de HOBO, el *Logger* U30 NRC no se lo puede comunicar remotamente con la PC, mucho menos acceder a los registros mediante internet. Para corroborar lo dicho, en los catálogos hacen una comparación de las bondades de cada una de ellas. La **tabla 13** se muestra las características de cada *Logger* de Onset HOBO

**Tabla 13.** Características de comunicación de Estaciones HOBO

Nombre del producto	 U30-GSM	 U30-WIF	 U30-ETH	 U30-NRC	 H21-001	 H21-002
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Comunicación Remota</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>
<b>Acceso a Internet de los datos en Tiempo Real</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>

Fuente: Catálogo Data Loggers HOBO <sup>(16)</sup>

Dado que se trata de una estación meteorológica muy versátil y, sobre todo, que ya se encuentra en la Universidad, se decidió utilizarla; para ello se debía idear una metodología para descargar sus datos a la PC en tiempo real y luego, mediante un software desarrollado en LabVIEW, mostrar los registros de la misma vía web. En conclusión, se debía hacer aquello que el fabricante dice que no se puede hacer.



## **f.2 ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA ESTACIÓN HOBO U30 NRC.**

Para lograr adquirir los datos de la Estación primero se estudió su funcionamiento. Se observó que la Estación Meteorológica, mediante el software HOBOWare, proporciona sus registros los cuales se pueden visualizar gráficamente en tiempo real; por lo que las primeras ideas para descargar los datos fueron: Hacerle ingeniería inversa al software y estudiar la manera de adquirir los datos en vez de solo mostrarlos o, adquirir las imágenes mostradas e interpretarlas mediante un software para convertirlas nuevamente a datos numéricos. Como se podrá evidenciar, ambas ideas iniciales eran muy complicadas y por sí solas ameritaban una tesis; además, si se pensaba realizar tanto trabajo, resultaba más factible adquirir otro modelo de *Logger* o construir un nueva Estación Meteorológica.

Se siguió estudiando el software, incluso se consultó directamente a los fabricantes, quienes manifestaron que no era posible y que mejor se adquiriera otro modelo que sí pudiera descargar sus datos en tiempo real, como los tres primeros de la tabla 13.

La razón por la que no se desistió fue porque un estudiante de la Universidad de Florida de USA <sup>(14)</sup> hizo un trabajo similar, con el *Logger* U30 WIF, que descargaba un archivo en formato TXT el cual lo gestionaba mediante LabVIEW, demostrando que sí se podía hacer, aunque no daba información cómo hacerlo y no fue posible contactarlo.

Finalmente, a prueba y error, se logró descargar el Archivo .TXT con los registros del *Logger*, luego de eso solo había que hacer un software que gestione ese archivo.

### **f.2.1 Metodología para descargar registros del *Logger* U30 NRC en tiempo real.**

La metodología desarrollada, en realidad permite descargar los registros de cualquier *Logger* Onset HOBO, en tiempo real, usando el software propio del Registrador HOBO, en este caso **HOBOWare Pro** versión **3.3.1.**, aunque solo se la probó en el U30 NRC.

Para conseguir descargar los registros de la estación, en tiempo real, se aprovechó de los informes de alarmas y lecturas que genera la misma. Ya que permite generar informes a intervalos muy cortos (hasta cada minuto), y dado que “tiempo real” es relativo y depende de la aplicación, se podría considerar que se descarga en tiempo real a intervalos de **10 min.**

### f.2.1.1 Configuración de intervalos de registro y formato de descarga.

El primer paso fue la configuración de intervalos de registro. Los intervalos de registro son diferentes a los intervalos o frecuencia de monitoreo de la estación ya que, los primeros, son el tiempo que espera la estación antes de registrar las variables a su memoria interna; y los intervalos de monitoreo, en cambio, es el intervalo de tiempo entre cada lectura de los sensores. Lo que se registra es el promedio de los valores monitoreados, por lo que el intervalo de monitoreo debe ser menor que el de registro.

Por ejemplo, se puede monitorear cada 1 minuto y registrar cada 5 minutos, En 5 minutos habrían 5 valores monitoreados (guardados en una memoria temporal), mismos que se promedian y dan uno solo que es el que se registrará definitivamente (hasta reiniciar registro del Logger o que se sature su memoria). Si es intención del investigador registrar los cambios de la variable sin promediar, entonces se deberá desactivar el tiempo de monitoreo y solo colocar el tiempo o intervalo de registro.

El formato de descarga de la Estación puede ser: en extensión .DTF, que es un formato propio del Software HOBOWare y se puede visualizar solo si tiene instalado éste, y las extensiones .XLS y .TXT (Excel y texto blanco, respectivamente). Para este proyecto se utilizó la extensión .TXT debido a que este formato es el que menos espacio ocupa en disco y es fácil de interactuar con distintos lenguajes de programación.

Para configurar el *Logger*, luego de abrir HOBOWare, se dirige hasta “*File*”, en el lado izquierdo del menú, y se selecciona “*Preferences*” (Ver Figura 17) o si no se presiona Ctrl+Coma, con lo que aparecerá una subventana como la mostrada en la Figura 18.

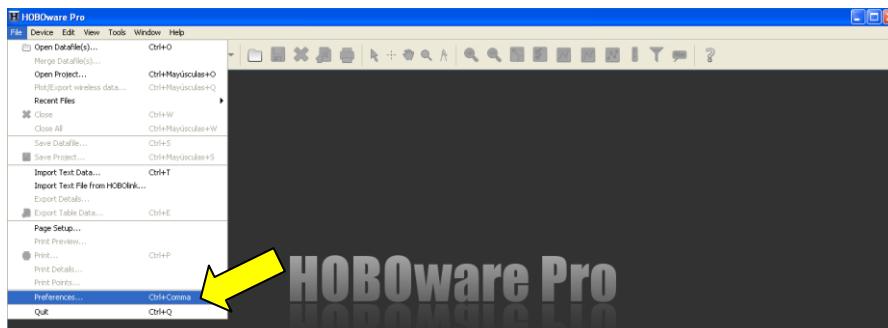


Figura 17. Seleccionar las preferencias de configuración HOBOWare

Para evitar confusiones en una configuración futura, se realizó cambios mínimos, solamente los necesarios. Aunque se puede cambiar totalmente la apariencia del

informe, se prefirió resolver la interpretación del mismo con el software gestor a fin de que los administradores no realicen tantos cambios que pudieran terminar en una mala configuración, ocasionando que el software desarrollado haga una mala interpretación del archivo. Al final, parte de la configuración, debería quedar como la Figura 18.

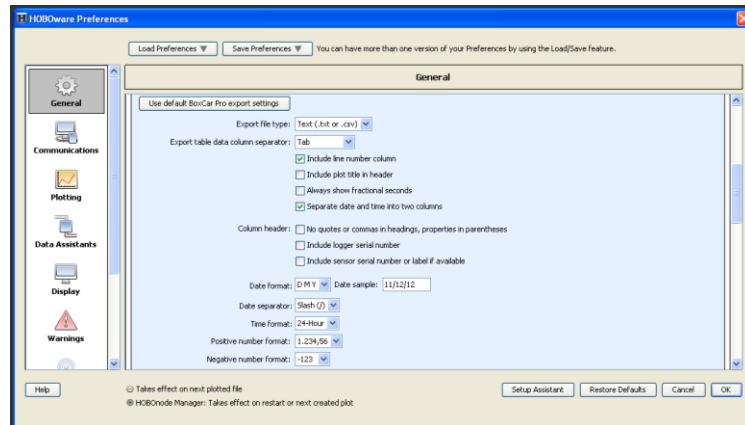


Figura 18. Configuración del formato de descarga desde el Logger a la PC.

En la subventana General/Export Settings (Figura 18) se define: 1.- La extensión del archivo a descargar, en este caso se coloca: *Text* (texto: *.txt or .csv*). 2.- Formato de columnas (seleccionamos separar por *Tab*, incluir número de columna y, separar fecha y hora en dos columnas). 3.- El formato de fecha y hora (se presenta *DMY* separados por *Slash(/)* y la hora formato de 24 horas ). Y 4.- Presentación de valores (separa unidad de mil con punto y decimales con coma, además admitir valores negativos)

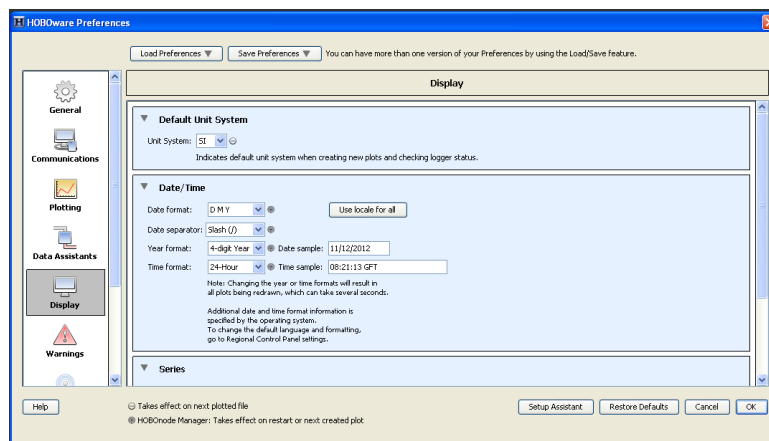
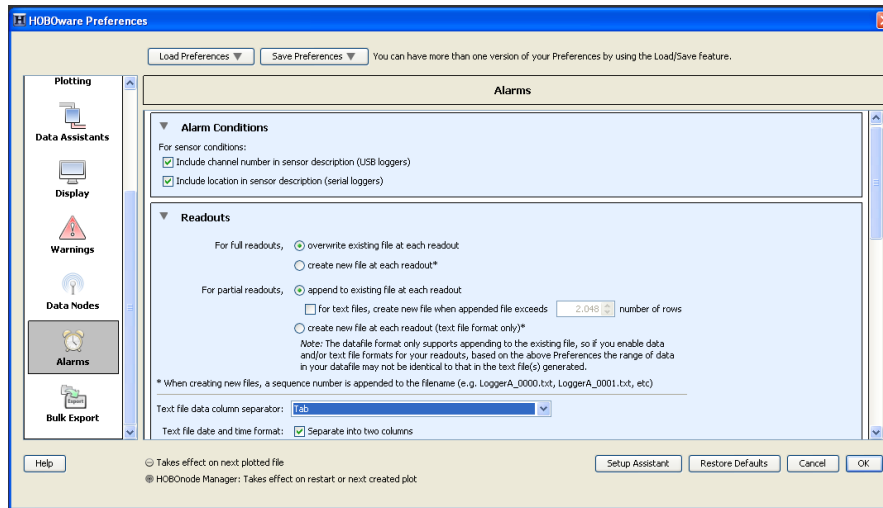


Figura 19. Configuración de formato de las unidades y hora de descarga

Se puede decidir el tipo de unidad con que se presentarán los valores (ir a *Display/Default Unit System*) (ver Figura 19), para este caso se usó el Sistema Internacional (SI) que es el reglamentado en la UNL, se repite la configuración del

formato de hora, pero este es para la visualización en el mismo programa de la Estación mas no para la descarga. Aquí se debe pulsar sobre el botón para usar hora y fecha local (Que es la hora y fecha de la computadora donde corre el programa. Esto para sincronizar la Estación Meteorológica con la PC).



**Figura 20.** Configuración de reescritura del archivo.

En la Figura 20 se observa que para exportar el archivo con los registros se lo hace como respuesta a una alarma, misma que genera un reporte con información configurada por el usuario. Se puede definir que se genere un reporte nuevo siempre o que sobrescriba el mismo. Para facilidad de programación (y así se consideró en el software gestor) se pone Sobrescribir el archivo. Cabe recalcar que cuando se descarga la información No se borra de la memoria del Logger sino que solo realiza una copia en la PC y, según las pruebas realizadas, cuando la memoria del *Logger* se llena, el archivo de texto se va reemplazando por información nueva. Incluso si se usa la opción de escribir informes nuevos por cada registro, éstos contienen la información anterior y la nueva (solo se diferencian por el último registro), conteniendo información redundante que ocupa memoria innecesaria en disco.

Hasta aquí es todo lo que hay que configurar del formato de exportación o descarga. Terminado esto se guarda la configuración como se muestra en la Figura 21, en *Save Preferences*. Luego de colocarle un nombre se pulsa *OK* en la parte inferior derecha y listo. Esta configuración queda guardada para futuras sesiones y se puede visualizar en *Load Preferences*. En caso de querer copiar esta configuración a otra PC, ésta se guarda siempre en: D:\Mis documentos\HOBOWare\Preferences, con extensión .XML

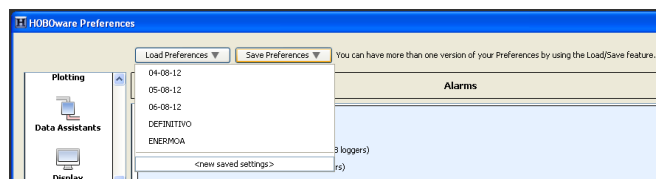


Figura 21. Guardar configuración para futuras sesiones.

### f.2.1.2 Inicializar el monitoreo y registro de la Estación Meteorológica.

Antes de continuar, se supone que hasta aquí la estación como tal ya está instalada y lista para funcionar, es decir, ya se ha conectado todos sus componentes. Ver Figura 22.

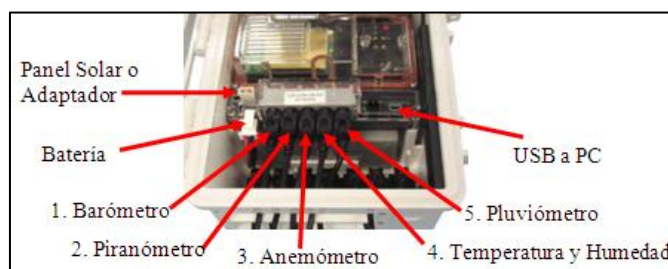


Figura 22. Conexión de los Sensores a la Estación Meteorológica.

Es importante que se conecten los sensores tal cual se muestran en la figura 22, pues la programación para la adquisición se realizó teniendo en cuenta un orden específico de conexión de los mismos.

Para hacer la adquisición, primero se conecta la Estación a la PC. En el paso anterior no era necesario conectarla pues solo se estaba realizando la configuración y ésta se guarda en la PC hasta que se decida pasarla a la Estación y puede o no hacerlo el mismo día.

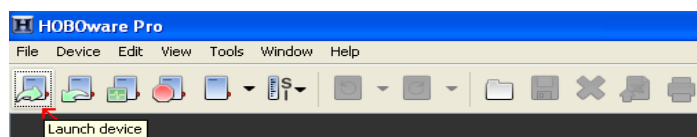


Figura 23. Lanzar o iniciar la estación meteorológica.

Lanzar o iniciar la estación, para ello se dirige hasta *Launch device* (Ver figura 23) Luego de lanzar o iniciar el *Logger*, aparece una ventana igual a la de la Figura 24, la cual pide, en *Description*, dar un nombre al *Logger* conectado, esto es un identificador en el caso de conectar más de un registrador de ONSET.

En la misma ventana se puede reconfigurar los nombres de las variables que se medirán, es innecesario hacerlo pues el software solo extrae los valores de las mismas.

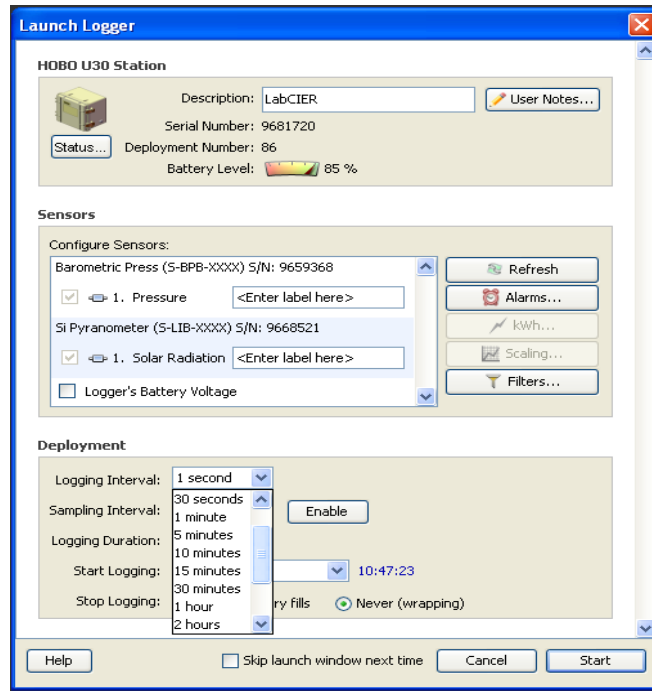


Figura 24. Configuración de lanzamiento del Logger HOB0.

Lo más importante de esta ventana (Figura 24), son los tiempos o intervalos de registros (*Logging Interval*) y los intervalos de muestreo (*Sampling Interval*) que es siempre menor o igual al de registro. En el caso del software desarrollado, éste identifica cuál es el tiempo entre registros, y no es necesario poner un tiempo único o predeterminado, sino que es decisión del investigador de cuán frecuente quiere ver actualizados los registros, pues el tiempo que tarda en registrarse un nuevo dato es el tiempo que tarda el software en actualizar sus ventanas con nuevos datos (No se programa el intervalo de actualización en el software sino lo hace cuando detecta un nuevo registro del *Logger*).

Los distribuidores de estaciones meteorológicas recomiendan registros, de variables meteorológicas, a intervalos de 15 minutos, aunque por fiabilidad de los resultados se debe muestrear cada 1 minuto. Para una pronta actualización, se ha considerado poner un intervalo de **registro de 10 minutos y muestreo cada 30 segundos**.

Una vez hechas las configuraciones, se presiona *Star* y listo, aparecerá la ventana *Launching Logger* (Figura 25), indicando que se actualizaron todas las configuraciones.

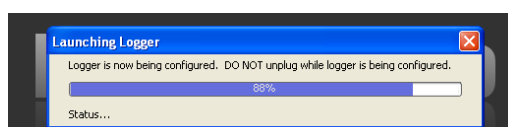


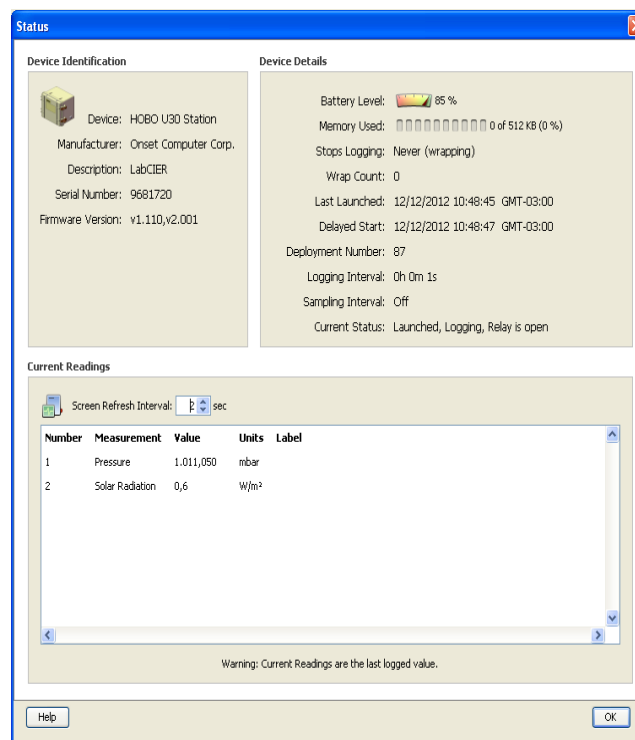
Figura 25. Lanzando o inicializando Logger HOB0

Para verificar que la estación esté monitoreando y registrando correctamente en su memoria, se debe dirigir hasta *Devices status* (Ver figura 26). Si aún no se encuentra registrando, saldrá un mensaje advirtiéndole que el dispositivo aún no está conectado.



**Figura 26.** Verificación de estado del dispositivo.

Si, por el contrario, está bien conectada y registrando, saldrá una ventana como la de la figura 27, que muestra el último valor muestreado de cada sensor, además de información extra como estado actual de la memoria y de la batería, etc. Para salir de esta ventana se pulsa *OK*.



**Figura 27.** Verificar el estado actual del Logger.

Hasta aquí se ha hecho una configuración común para registros de Logger HOBO y, en caso de No querer hacer la adquisición con el software desarrollado en LabVIEW, simplemente se debe desconectar el cable USB de la PC y listo. Cuando se desee descargar los registros, de forma manual, simplemente se vuelve a conectar la estación a

la PC, se abre HOBOWare y se pulsa sobre “Lectura del Dispositivo” (*Readout Devices*) Ver Figura 28. Aquí se descargan los registros en formato XMLS o formato de Excel.



Figura 28. Descarga manual de registros del Logger

### f.2.1.3 Iniciar descarga automática de los registros.

Para realizar la descarga automática, el *logger* debe encontrarse registrando y conectado su cable USB a la PC. Abierto el HOBOWare Pro, se dirige hasta menú: *Tools/Manage Alarms & Readouts/New Configuration*, (Ver figura 29). Aquí se realiza una nueva configuración del Informe Alarmas y Lecturas, mismo que contendrá todos los registros de la estación metereológica y que se actualizará con cada nuevo registro.

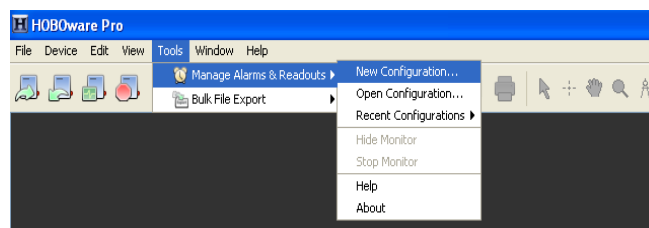


Figura 29. Nueva configuración de Alarmas y lecturas

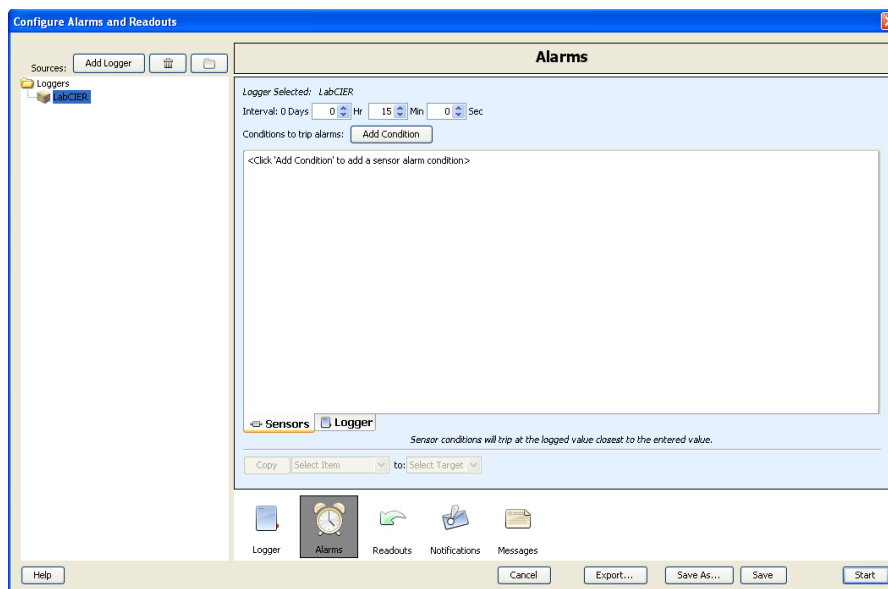


Figura 30. Colocar intervalo de tiempo para aviso de alarmas

Una vez que aparezca la ventana: “*Configure Alarms and Readouts*”, se pulsa sobre: *Agregar Registrador (Add Logger)*, cambiará la ventana como la de la Figura 30. Se



pulsa el botón inferior: Registrador (*Logger*), en esta ventana se coloca un nombre (hasta 25 caracteres) con que se reconocerá el *Logger* o registrador. Aquí también se pone el número de reintentos, en caso de falla de comunicación, el cual se deja igual a 1.

En la ventana: Alarmas (*Alarms*, ver Figura 30), se debe colocar un intervalo entre registros de alarmas; aunque no se tenga ninguno, es importante colocar un tiempo cualesquiera ya que de lo contrario no se podrá continuar con la descarga. En este caso se colocó un intervalo de **15 minutos** ya que el intervalo de descarga del TXT (ver Figura 31) se le colocó 10 minutos, es decir, igual al de registro. El tiempo de descarga del TXT debe ser menor al de las alarmas y mayor o igual al de registro.

Para programar la descarga de los registros se pulsa sobre *Readouts*, en ésta ventana se configura el tipo de información a descargar (Se selecciona **Full**), el intervalo de descarga mencionado anteriormente y que se dejó igual a **10 minutos**, el nombre con que se reconocerá el archivo TXT que gestionará LabCIER, la ubicación donde se alojará o guardará el archivo TXT y el formato del mismo (Por obvias razones se deberá dejara formato .TXT, caso contrario no lo reconocería LabCIER. Ver imagen 32) y, se selecciona que se notifique solo cuando la descarga falle.

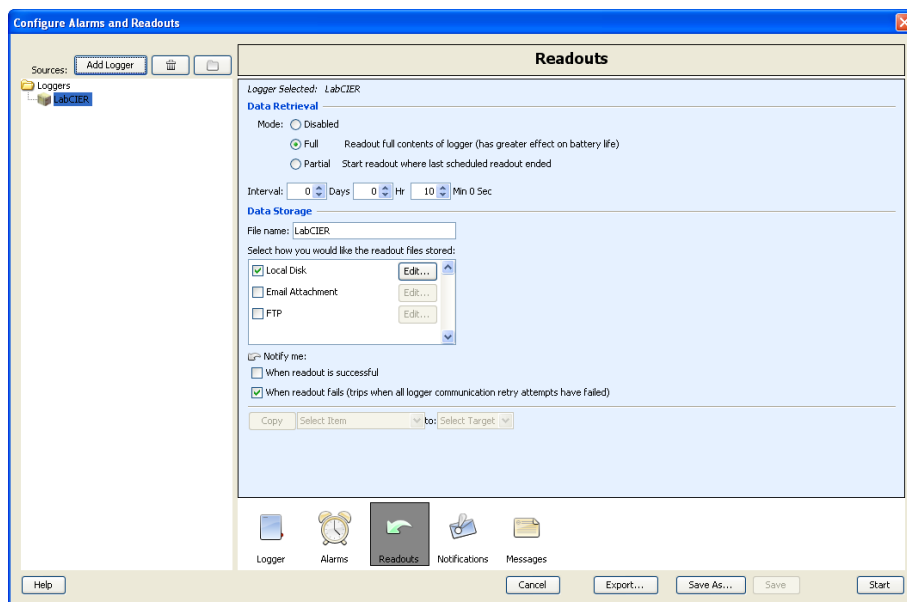


Figura 31. Configuración de ubicación y tiempos de descarga del TXT

Una vez seleccionado todo lo que indica la figura 31 y 32, se inicia la descarga automática pulsando *Start*. Con lo que aparecerá un pequeño monitor en la esquina inferior derecha del escritorio (Ver Figura 33) que indica el estado del tiempo de las

descargas, es decir cuándo será la próxima actualización del TXT. Para evitar que alguien pueda interrumpir la descarga, se puede volver invisible la ventana pulsando el botón *Hide*, además se recomienda minimizar el resto de ventanas de HOBOWare.

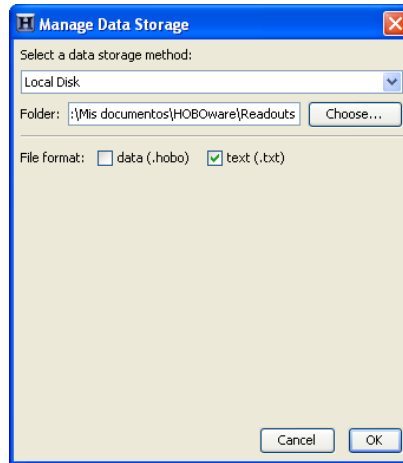


Figura 32. Ubicación del TXT

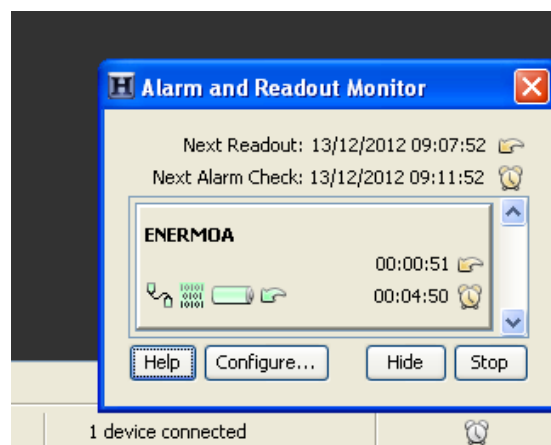


Figura 33. Monitor de lectura de los registros

El archivo XTX descargado es el mostrado en la figura 34 y se recomienda no abrirlo.

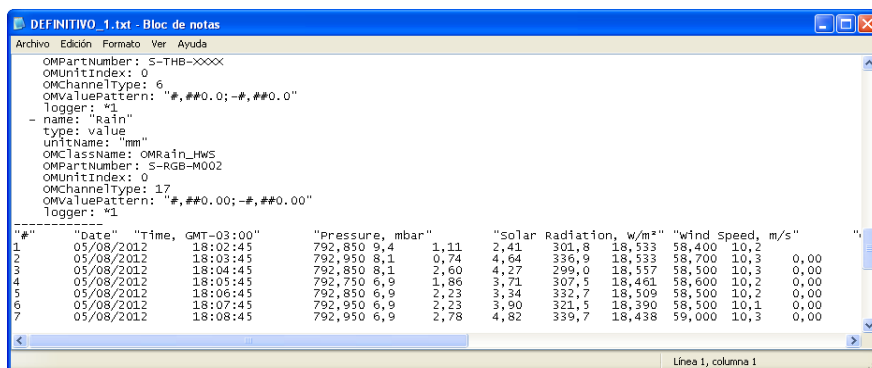


Figura 34. Archivo de extensión .TXT generado por el *Logger*.

### **f.3 SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN ENERGÉTICA PROPUESTO.**

Hecha la caracterización del sistema de generación eólico/solar, se procedió a hacer un listado con las funciones que ofrecería el sistema a desarrollar y cómo se lo lograría hacer; además, se hizo diagramas esquemáticos de cómo se debía realizar la supervisión y gestión energética y, qué requisitos de software, hardware y obra civil se utilizarían.

#### **f.3.1 Requisitos del Sistema a Desarrollar.**

Los requisitos aquí planteados son básicos, y fueron propuestos de tal forma para que el Sistema sea amigable y fácil de replicar.

**Tabla 14.** Requisitos del Sistema a Desarrollar

<b>Ítem</b>	<b>Requisitos</b>
1	Tiene que ser una aplicación con visualización mediante la Web.
2	Debe tener una aplicación de escritorio para el administrador.
3	Debe tener opción a control manual mediante selector.
4	Debe tener una interfaz gráfica que sea fácil de usar.
5	Debe estar en español y mostrar las unidades en el S.I.
6	Deben ser configurables los datos que cambian con el tiempo.
7	Debe registrar los datos automáticamente en una base de datos.
8	Debe ser administrado con contraseñas de seguridad.
9	Tiene que ser compatible con Windows.
10	Debe tener comunicación serial o USB (para conectar a PC personal).
11	El hardware utilizado deber ser comercial.(para cambio de materiales)

**Fuente:** Los Autores

#### **f.3.2 Funcionalidades del Sistema a Desarrollar.**

Las funcionalidades planteadas son producto de la socialización y análisis con docentes que se desenvuelven en el campo de las Energías Renovables de la UNL y el ISMM. El Sistema Planteado debe tener como mínimo 4 ventanas, en las cuales se analice: Generación Eólica, Generación Solar, Consumo en la Casa y, Estación Meteorológica.

##### **f.3.2.1 Generación Eólica.**

En esta ventana se muestra la curva de Potencia Eólica Incidente (teórica) y Generada (real) versus el tiempo, mostrando resultados de las últimas 24 horas.

Aquí se debe mostrar la curva de Potencia Eólica Generada versus la Velocidad del Viento, actualizándose cada mes y que corresponde a la curva característica del aerogenerador que tuvo el mes antecesor.

Se debe mostrar, también, Potencias, Energías, Eficiencias y demás variables que ayuden al estudio de la generación eólica.

#### **f.3.2.2 Generación Solar.**

En esta ventana se muestra la curva de Potencia Solar Incidente (teórica) y Generada (real) versus el tiempo, mostrando resultados de las últimas 24 horas.

Aquí se debe mostrar la curva de Potencia Solar Generada versus la Radiación Solar, actualizándose cada mes y que corresponde a la curva característica del grupo de Paneles Fotovoltaicos que tuvo el mes antecesor.

Se debe mostrar, también, Potencias, Energías, Eficiencias y demás variables que ayuden al estudio de la generación solar.

#### **f.3.2.3 Consumo en la Casa.**

En esta ventana se debe mostrar el consumo energético semanal: Renovable de iluminación y tomacorrientes y, Convencional, en una gráfica tipo barras.

En un gráfico tipo pastel, se debe mostrar el porcentaje de consumo mensual de iluminación (por renovable o convencional).

Aquí se debe visualizar el porcentaje de Carga de las Baterías y qué tipo de energía está consumiendo el circuito de iluminación (renovable o convencional).

Además, aquí debe ir el análisis económico-ambiental del sistema de generación.

#### **f.3.2.4 Estación Meteorológica.**

En esta ventana debe ir la gráfica de los registros diarios de cada variable monitoreada por la estación meteorológica, incluyendo las variables calculadas y la Rosa de los Vientos. Todas las ventanas deben ir con los valores máximos y mínimos de la respectiva variable.

f.3.3 Diagramas de Bloques del Sistema Propuesto: Hardware y Software.

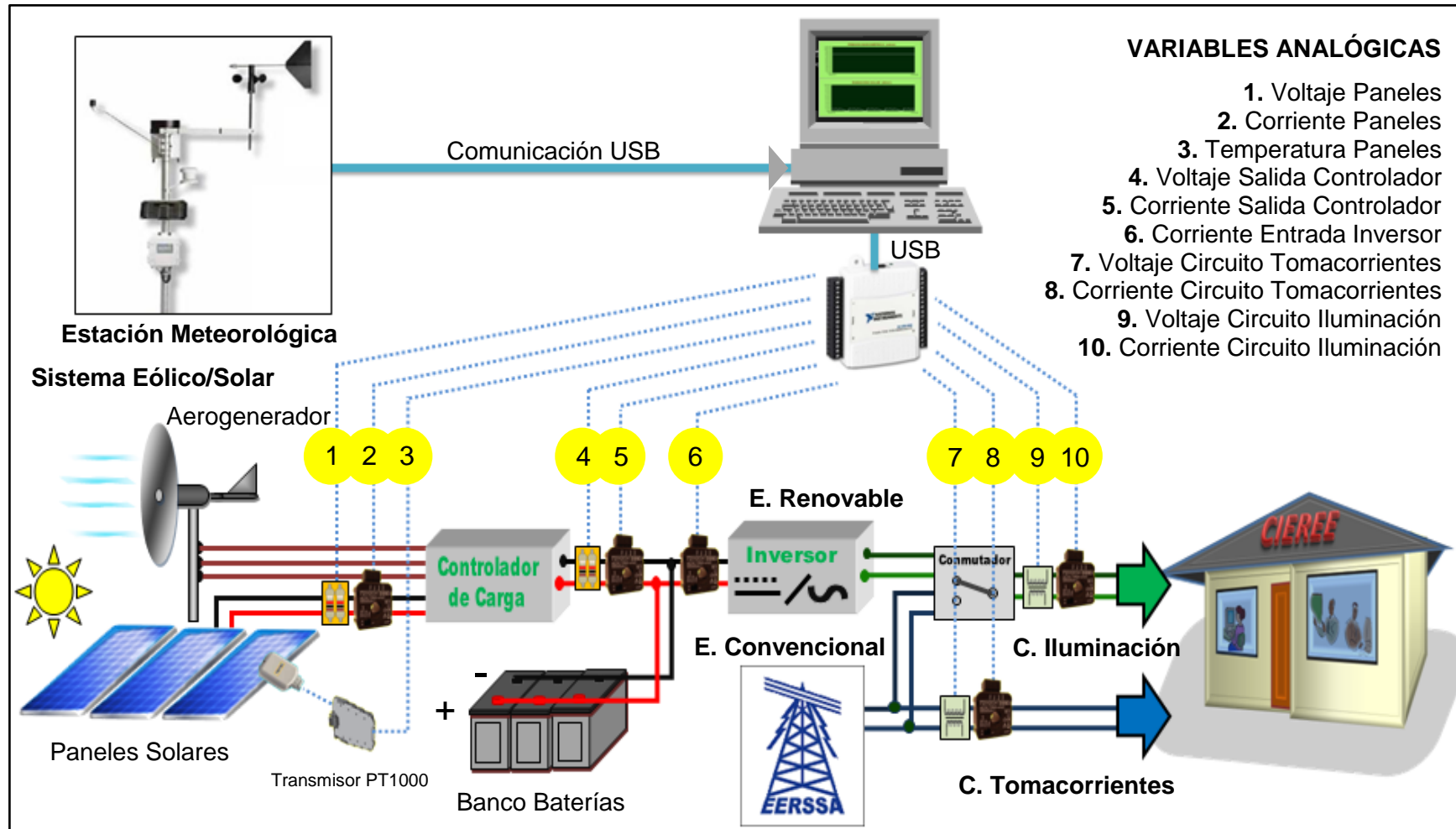


Figura 35. Diagrama de Conexión del Kit de Generación y sistemas de Adquisición.

La figura 35 muestra, de forma general, qué variables analógicas serán monitoreadas y cómo hacerlo. La Estación Meteorológica adquiere las variables físicas y las tarjetas DAQ las variables eléctricas, sean analógicas o digitales. Las digitales no se muestran en este diagrama pero son adquiridas de las mismas señales led que traen el controlador e inversor.

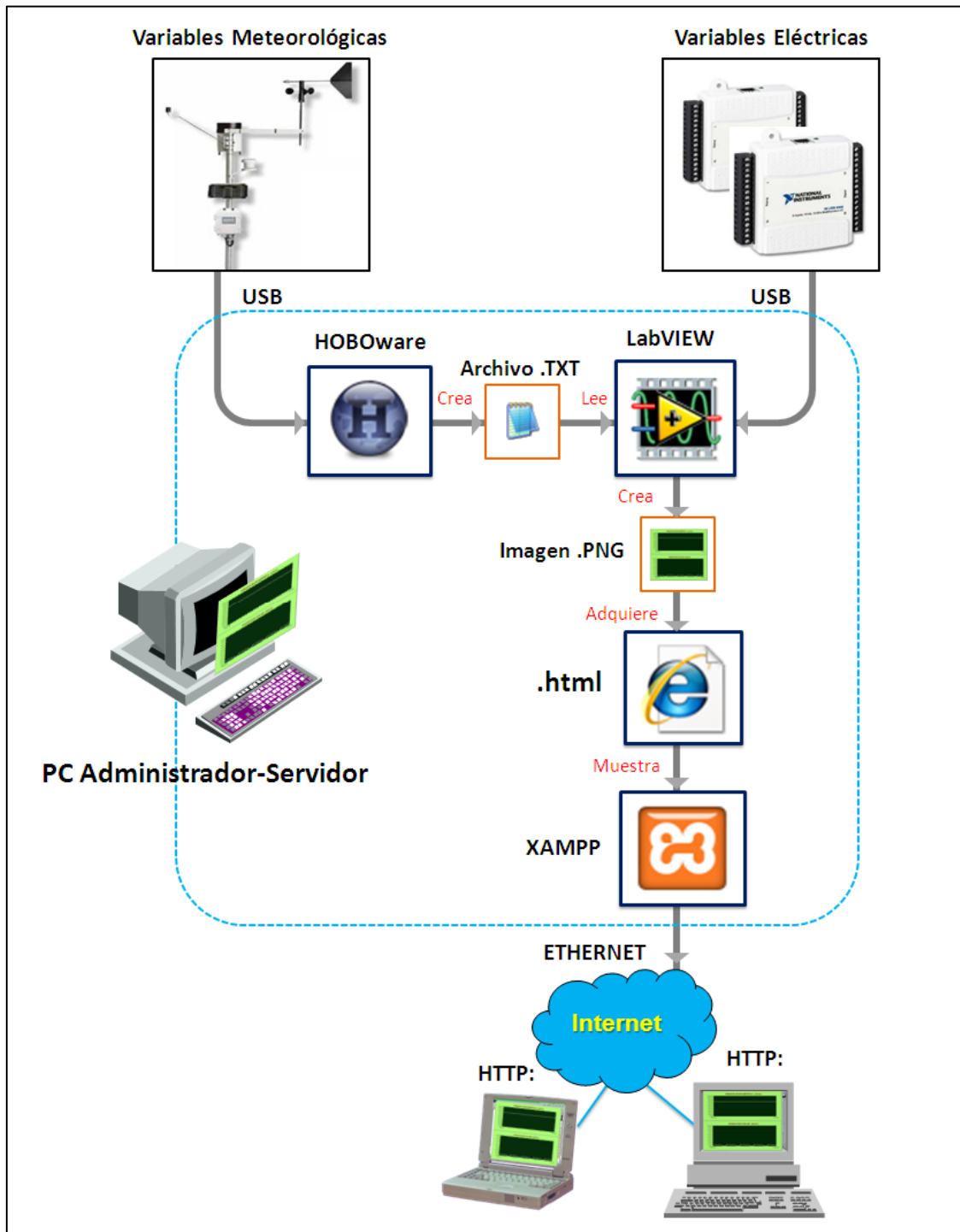


Figura 36. Diagrama de bloques del Sistema de Supervisión Propuesto.

## f.4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN.

Para el desarrollo del Sistema, se inició haciendo la adquisición de datos de las variables meteorológicas por medio de la Estación Meteorológica, luego se desarrolló los programas con las ventanas de Generación Eólica, Generación Solar, Consumo en la Casa y, Estación Meteorológica, propiamente dicha; finalmente se hizo la adquisición de datos de las variables eléctricas a través de las DAQs.

### f.4.1 Adquisición de Datos de las Variables Meteorológicas.

Como se puede observar en el Diagrama de Flujo de la Figura 36, las Variables Meteorológicas se las adquirió a través de la Estación Meteorológica HOBO U30 NRC, la cual genera un archivo en extensión .TXT con todos los registros de *Logger* y que se actualiza periódicamente. Por ello, se debía desarrollar un SubVI que gestione este archivo, para que entregue los datos de las variables, de forma continua.

El subVI encargado de hacer la gestión del archivo .TXT, y por ende la Adquisición de datos de la Estación Meteorológica es el “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi” (Ver Figuras 37 y 38). Este programa extrae la información del archivo .TXT, selecciona la información importante y la convierte a un formato que permita realizar operaciones (números), divide los registros en filas y columnas, compara los dos últimos registros, da señales de actualización del archivo y, en caso de falla de registro, de señal de error.

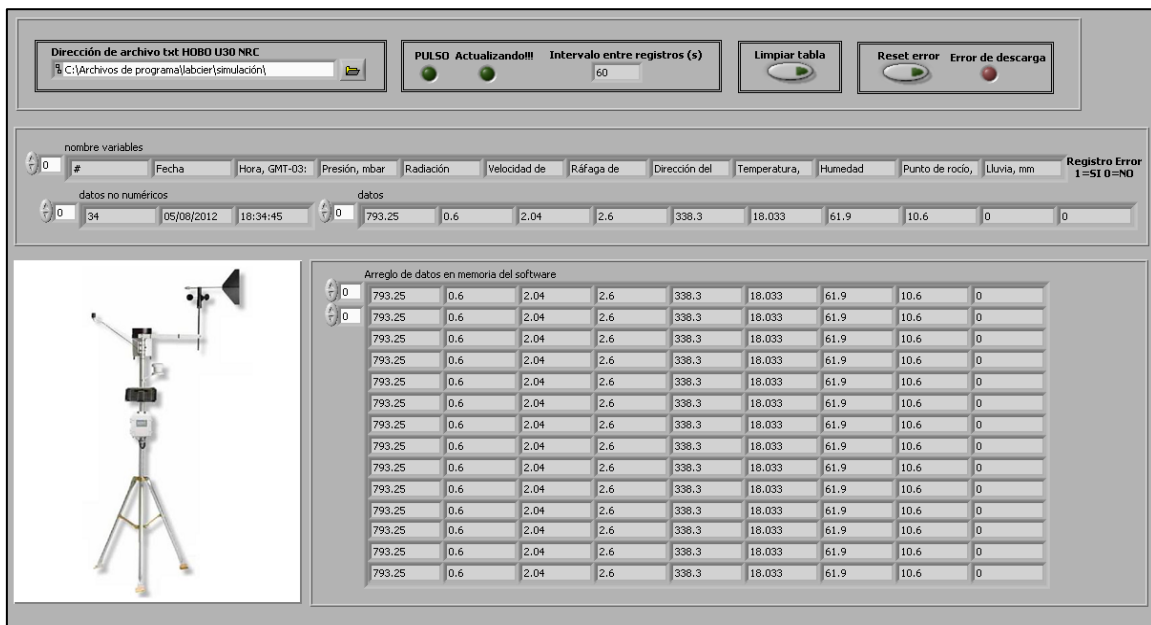


Figura 37. Panel frontal del subVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi”.

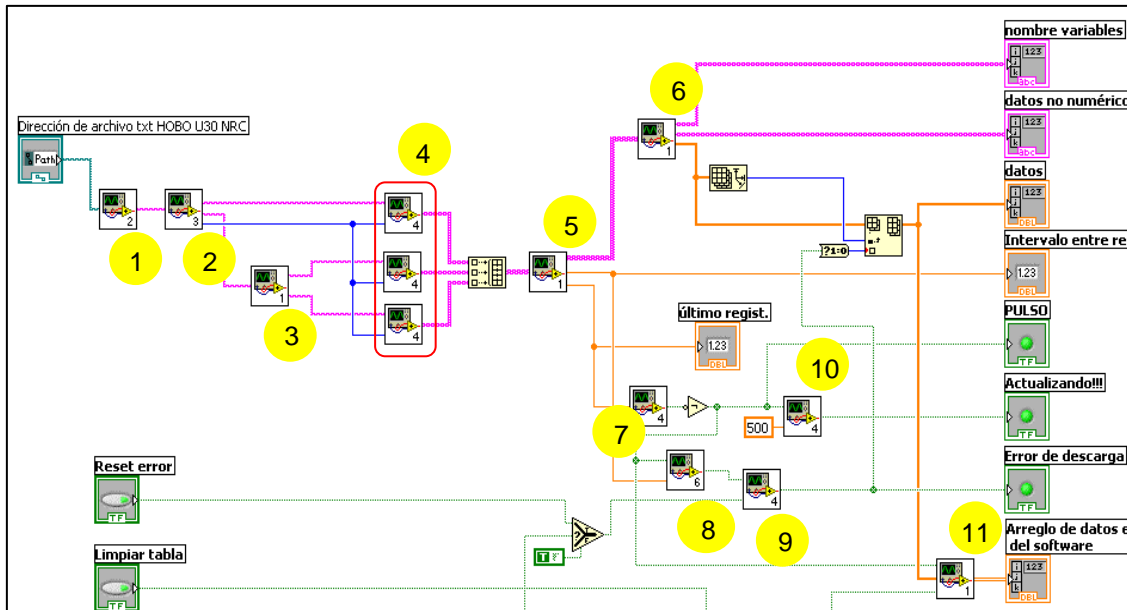


Figura 38. Diagrama de bloques del subVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi”.

El SubVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi” funciona gracias a otros SubVIs, como son: 1. extraer txt.vi, 2. extraer registros del txt.vi, 3. dividir filas ult-regist.vi, 4. separar columnas.vi, 5. análisis últimos 2 registros.vi, 6. variables registradas.vi, 7. comparar igualdad de registro.vi, 8. error de registro.vi, 9. enclavamiento con reset.vi, 10. retardo a la desconexión.vi y 11. variables HOBO a almacenar.vi. (Ver Figura 38)

El primer subVI extrae la información del archivo de texto, generado por la Estación Meteorológica a través de HOBOWare, en formato *string*. Figura 39

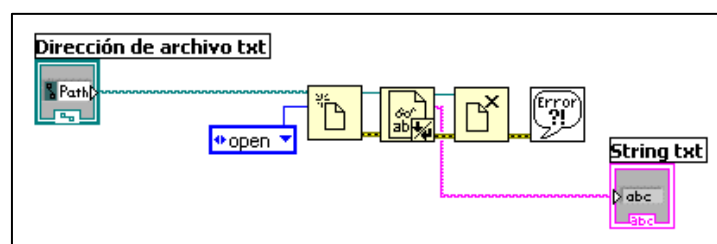


Figura 39. SubVI: extraer txt.vi.

El segundo subVI (Ver Figura 40) selecciona la información a utilizar, de entre los caracteres de texto, como es: el encabezado (para corroborar que estén en la posición correcta los sensores, ver Figura 22), los últimos dos registros (Entre dos registros continuos se puede determinar el tiempo entre registro y si son registros consecutivos para señales de error) y el número de columnas, este último es un dato que se usa como referencia, para saber dónde separar la información, en el mismo software.



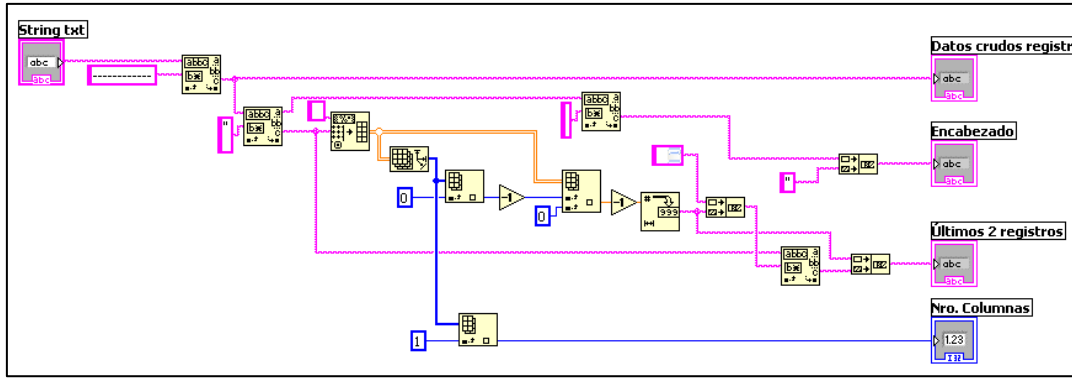


Figura 40. Diagrama de bloques del subVI “extraer registros del txt.vi”.

En resumen, el SubVI “GESTIONADOR HOBO U30 NRC.vi” es un programa que adquiere los registros de la Estación Meteorológica pues, continuamente, gestiona el archivo .TXT. Este SubVI proporciona las magnitudes de las variables meteorológicas.

#### f.4.2 Desarrollo del Software.

Para el desarrollo del Software, se dividió el programa principal en Sub programas, los cuales son: Generación Eólica, Generación Solar, Consumo en la Casa y Estación Meteorológica, esta última se subdivide en: Presión Barométrica, Radiación Solar, Velocidad, Ráfaga y Dirección del Viento, Temperatura Ambiente, Humedad Relativa, Punto de Rocío, Lluvia y, Rosa de los Vientos. Todos estos pueden ser Vistos su panel frontal y descargado sus gráficas para la visualización Web (Ver Figura 41).

A fin de reconocer fácilmente el Sistema de Gestión, se lo ha llamado LabCIER, que proviene de: **L**aboratorio del **C**entro de **I**nvestigaciones de **E**nergías **R**enovables.

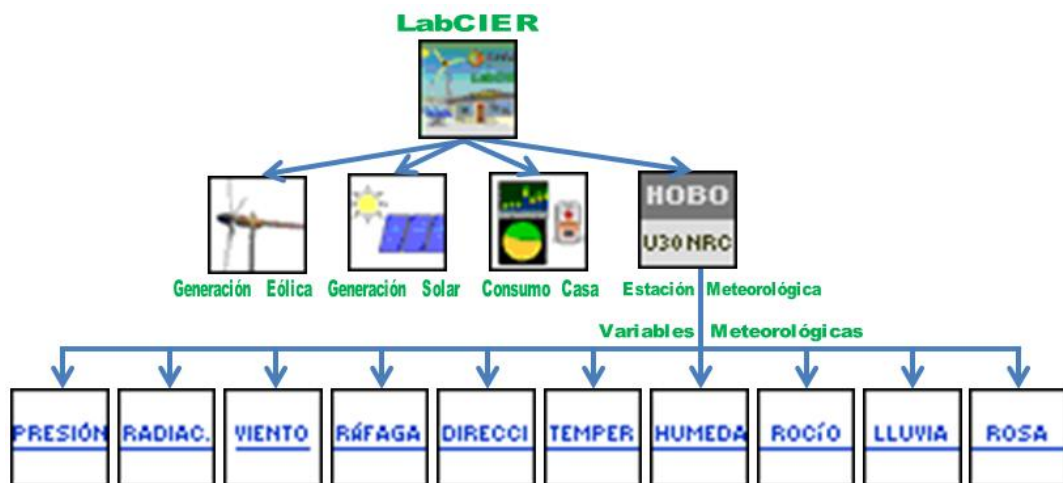


Figura 41. Diagrama de bloques general del Software desarrollado: LabCIER.

#### f.4.2.1 Pantalla Principal de LabCIER.

LabCIER fue diseñado para que, antes de iniciar la pantalla principal y habilitar los subVIs para proseguir con la supervisión y gestión energética, salga un mensaje de bienvenida y, a la vez, pida que se ingrese algunos datos como son: Dirección del Archivo .TXT (exportado de la Estación Meteorológica a la PC), Dirección donde alojar la Base de datos (Archivo con todos los registros de LabCIER) y, Dirección donde guardar las imágenes para la web (Imágenes que serán gestionadas por el servidor web para su visualización remota). Estos datos son obligatorios ya que sin ellos no es posible la Gestión. En esta ventana se puede colocar una contraseña para asegurar que no cualquier persona de por terminada la gestión sino solo quien conozca la misma. La contraseña **No es obligatoria**, por lo que se puede dejar este campo vacío. Ver figura 42

Bienvenido a LabCIER, el Sistema de Supervisión y Gestión Energética de la Casa Autosustentable del AEIRNNR de la UNL

Por favor llene los siguientes requisitos. Los campos con \* son obligatorios

Dirección de archivo txt HOBO U30 NRC \*

C:\Archivos de programa\labcier\simulación\DEFINITIVO\_1.txt

Seleccione el archivo txt de los registros de la Estación Metereológica

Dirección donde alojar la base de datos \*

C:\Archivos de programa\labcier\simulación

Seleccione una carpeta ya existente donde alojar los registros de las variables físicas y eléctricas

Dirección donde guardar las imágenes para la Web \*

C:\Archivos de programa\labcier\simulación

Seleccione una carpeta ya existente donde guardar las imágenes que se visualizaran en la web

Contraseña

\*\*\*\*\*

Esta contraseña es opcional, sirve para confirmar al momento de cerrar la aplicación ya que se dejaría de monitorear y registrar los datos, por lo que requiere considerar bien dar por terminada la sesión con LabCIER. Si no coloca ningún caracter, al cerrar la aplicación debe dejar igual.

INGRESAR SALIR

Figura 42. Pantalla de inicialización de LabCIER.

El software fue diseñado para que la pantalla de ingreso de direcciones (Figura 42) valide solo la información correcta, por ejemplo, la primera dirección debe ser de un archivo .TXT, en caso de no serlo no permite continuar. Las otras dos direcciones pudieran ser iguales aunque no se permite continuar si se colocasen direcciones que no existen en la PC, peor aún si se deja campos obligatorios en blanco; en estos casos saldría un mensaje advirtiendo que existe error en el ingreso de los datos. Ver Figura 43.

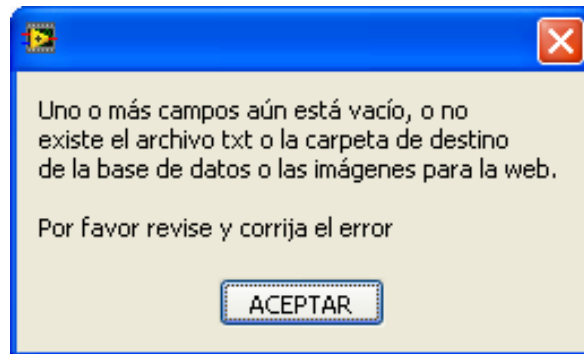


Figura 43. Mensaje de error en el ingreso de datos.

En caso de colocar una contraseña, esta se guarda en una memoria temporal, es decir que solo es válida por cada sesión o cada vez que inicie LabCIER. Por seguridad, existe una Contraseña de Servicio que solo puede ser cambiada desde el diagrama de bloques (por lo que es permanente) en el SubVI: “SALIR.vi” Ver Figura 44.

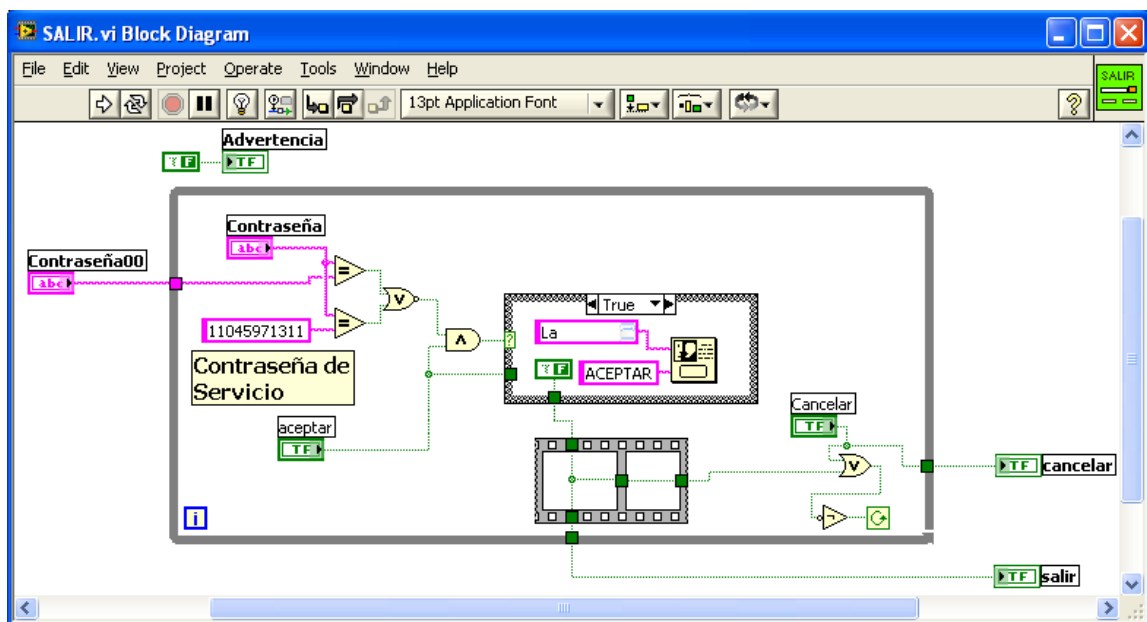


Figura 44. Diagrama de Bloques del SubVI “SALIR.vi.”

La **Contraseña de Servicio** que se ha colocado por defecto es el número: **11045971311**

Si las direcciones ingresadas están bien, se inicia la Supervisión y Gestión Energética mostrando, por primera vez, la pantalla principal de LabCIER. Esta pantalla se la diseñó como un Sistema SCADA, ya que a través de ésta se puede visualizar, en tiempo real, las mismas variables que se pueden ver en los instrumentos de campo (Controlador, Inversor y estado del selector de automático/manual), sin necesidad de estar presentes en la casa. La Apariencia de la pantalla es como estar viendo los instrumentos reales, solo que de forma virtual y remota. (Ver Figura 45)

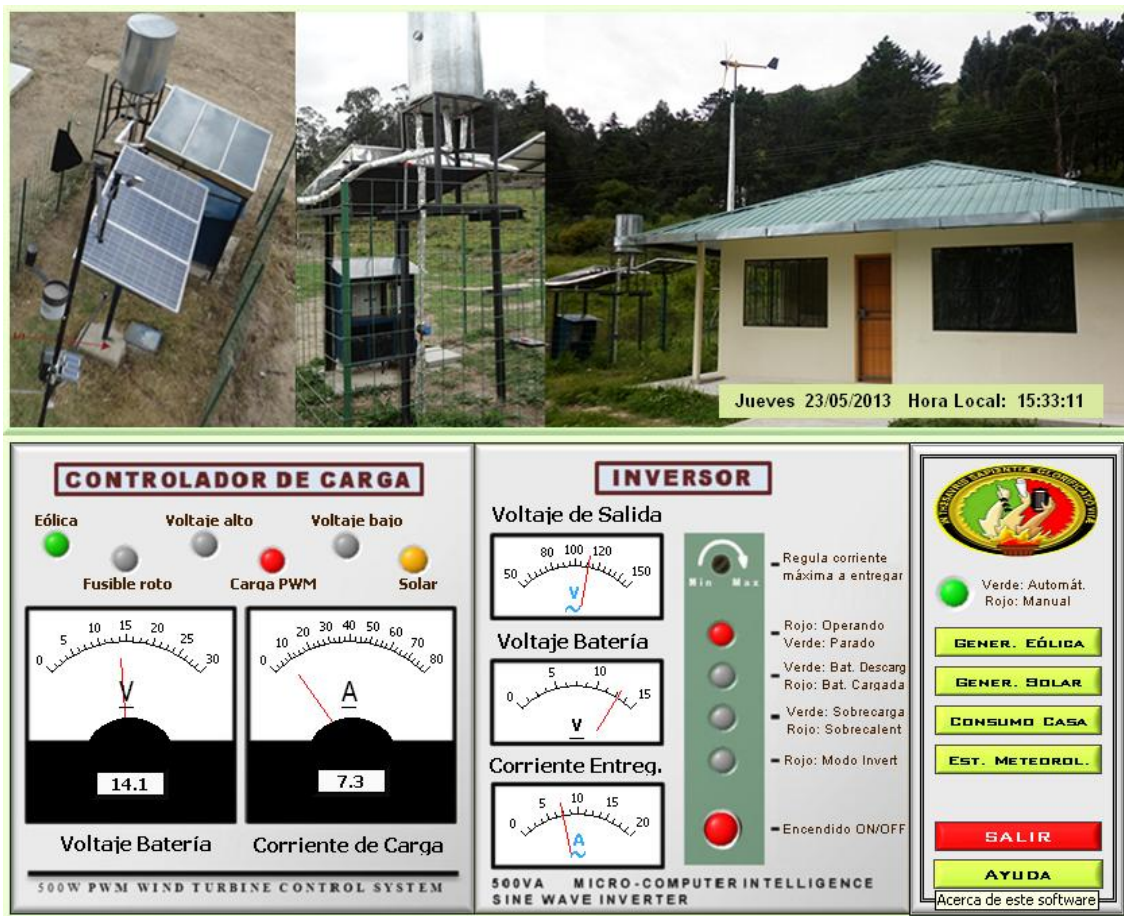


Figura 45. Pantalla Principal de LabCIER.

En la parte superior de esta pantalla se puede apreciar imágenes de la Casa y los Sistemas de Generación Energética. En esta tesis, las imágenes mostradas son estáticas, aunque se podría modificar el software para presentar imágenes provenientes de una cámara, capturadas en tiempo real, para tener una mejor percepción de lo que pasa en la casa. Aquí también se puede ver la hora local, ya que LabCIER puede ser visualizado vía web; éste dato es muy importante pues el huso horario es distinto en otros países y es necesario referenciarse en el tiempo para hacer análisis.

Es importante recalcar que, por medio de esta u otra pantalla, no se puede controlar ningún instrumento externo, manualmente, pues no existen controles sino solo indicadores. Para el control de Estado de Automático a Manual se lo hace a través de un SELECTOR que se encuentra en el Tablero de Control Principal. En la parte derecha de la pantalla de la figura 45 simplemente se puede ver el estado en que éste se encuentra (distinguiéndose por colores), sea Automático o Manual.

**Nota:** La Señal de Automático es gestionada por la DAQ, la cual recibe la señal de un relé K1 del Circuito de Protección a la Conmutación o Circuito de Trasferencia. En la figura 145 se puede observar que K1 entrega la señal de estado Automático a la DAQ; en ausencia de esta señal, el sistema considera que el selector está en Manual o Paro.

Debajo del indicador de estado se encuentra un menú que permite desplegar el resto de pantallas, además de un botón para SALIR y dar por terminada la sesión con LabCIER.

Al pulsar el botón SALIR, saldrá un mensaje de advertencia (Ver Figura 46), indicando que si decide salir de LabCIER se dejará de monitorear y registrar todas las variables, con excepción de las meteorológicas que también se adquieren independientemente.

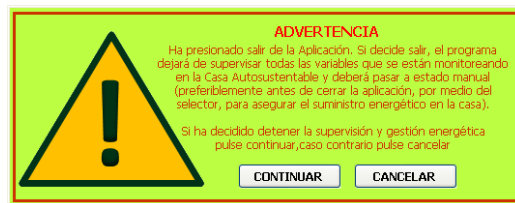


Figura 46. Mensaje de advertencia antes de salir de LabCIER.

Si de todos modos se decide salir, se presiona el botón CONTINUAR, con lo que saldrá otra ventana pidiendo ingresar contraseña para confirmar que es una persona autorizada (Fig. 47). Si no se puso contraseña al inicio, se pulsa directamente sobre ACEPTAR, con lo que se cerrará LabCIER directamente.

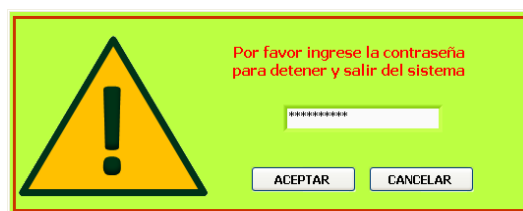


Figura 47. Mensaje de confirmación para salir de LabCIER con contraseña

Si de todos modos se decide salir, se presiona el botón CONTINUAR

Si no se quiere salir se puede pulsar CANCELAR y regresar a la pantalla principal.

En la pantalla principal existe un botón de AYUDA, mismo que despliega un mensaje con información general (Ver Figura 48).

Dado que se trata de un software de propósito específico y que gestiona variables importantes, no se hizo un menú de ayuda a fin de que no cualquier usuario manipule el sistema; sin embargo, LabCIER es muy intuitivo y fácil de usar para una persona versada en el tema de las energía renovables.

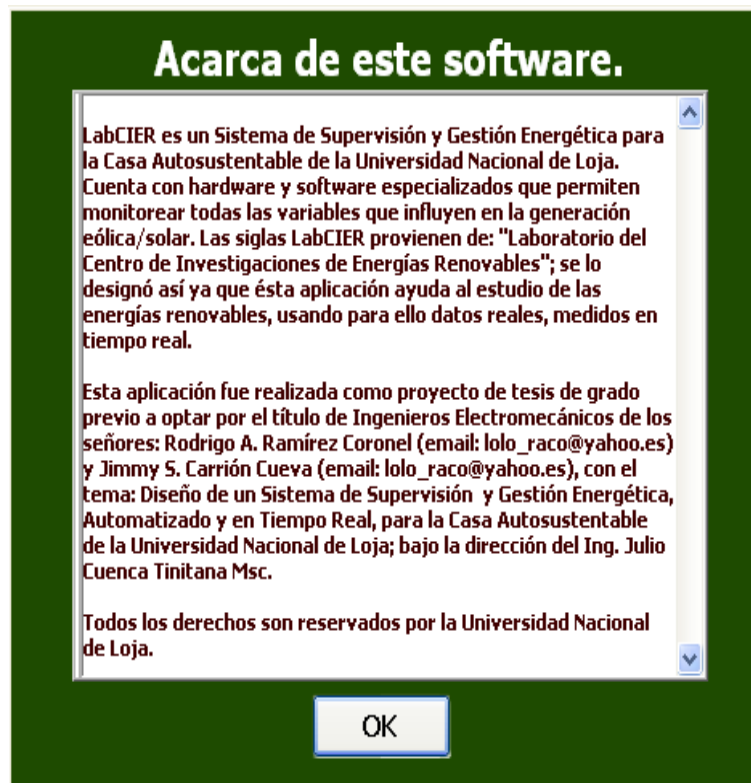


Figura 48. Mensaje desplegado con el botón de AYUDA.

Para invocar las sub ventanas del menú principal: Generación Eólica, Generación Solar, Consumo Casa, y Estación Meteorológica, se lo hace a través de los botones, del mismo nombre, que se encuentran en el menú principal.

La forma de llamar a las sub-ventanas, que se usó en esta tesis, es con el "SubVI Node Setup" (Ver Figura 49), conocido como Configuración de Nodo del SubVI. Gracias a esta forma de invocar a SubVIs, el VI principal, desde donde se lo invoca, puede seguir funcionando, manteniendo invisible su panel frontal y haciendo visible, solo el panel frontal, del SubVI invocado. Esto es importante pues todo el código de programación se

encuentra, entre Vis y SubVIs, en el diagrama de bloques del VI principal, además que todos los subVIs se comunican y entregan información entre sí por lo que los subVIs secundarios por sí solo no entregan ningún tipo de información y, más bien, daría un mensaje de error si se ejecutaran independientemente.

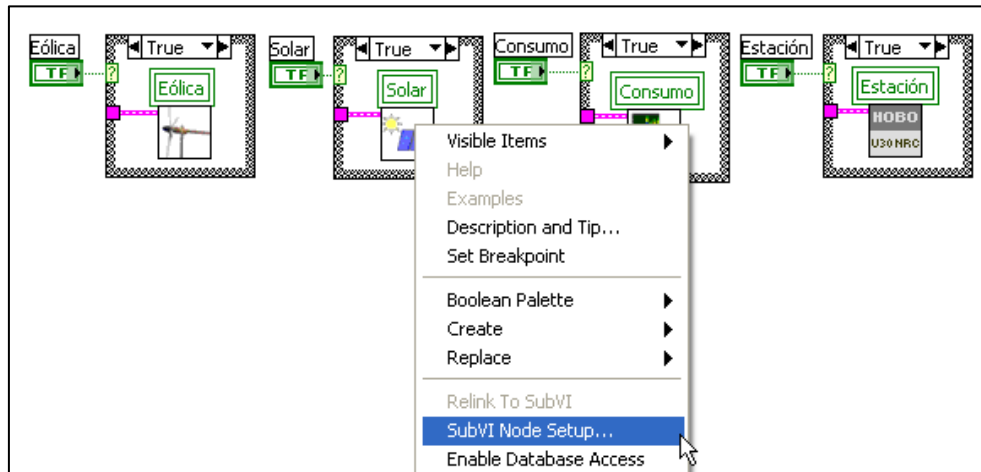


Figura 49. Mensaje desplegado con el botón de AYUDA.

Para configurar el nodo de propiedad de un subVI se lo hace dando clic derecho sobre el SubVI que será invocado y se pulsa “*SubVI Node Setup...*” (Ver Figura 49); saldrá una ventana en la que solo se deberá seleccionar: *Show front panel when called*. Figura 50.

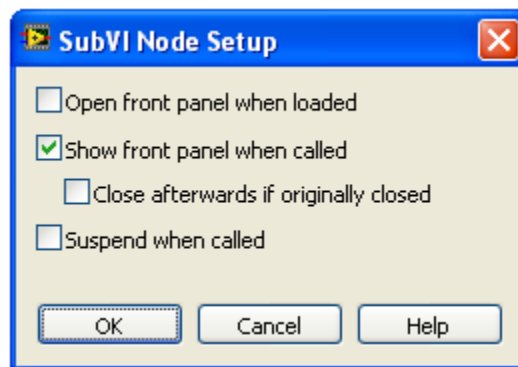


Figura 50. Configuración de Nodo para Invocar SubVIs.

La Pantalla Principal de LabCIER (No confundir con pantalla de inicialización), en su Diagrama de Bloques, contiene todo el código de programación que éste necesita para funcionar. Este se compone de los SubVIs indicados en la figura 41, además de los SubVIs que adquieren y sincronizan HOBOWare con LabCIER, los SubVIs para hacer la adquisición de datos de las DAQs, los que muestran y adquieren las imágenes para la web, los que guardan los registros, etc. (Ver Figura 51)



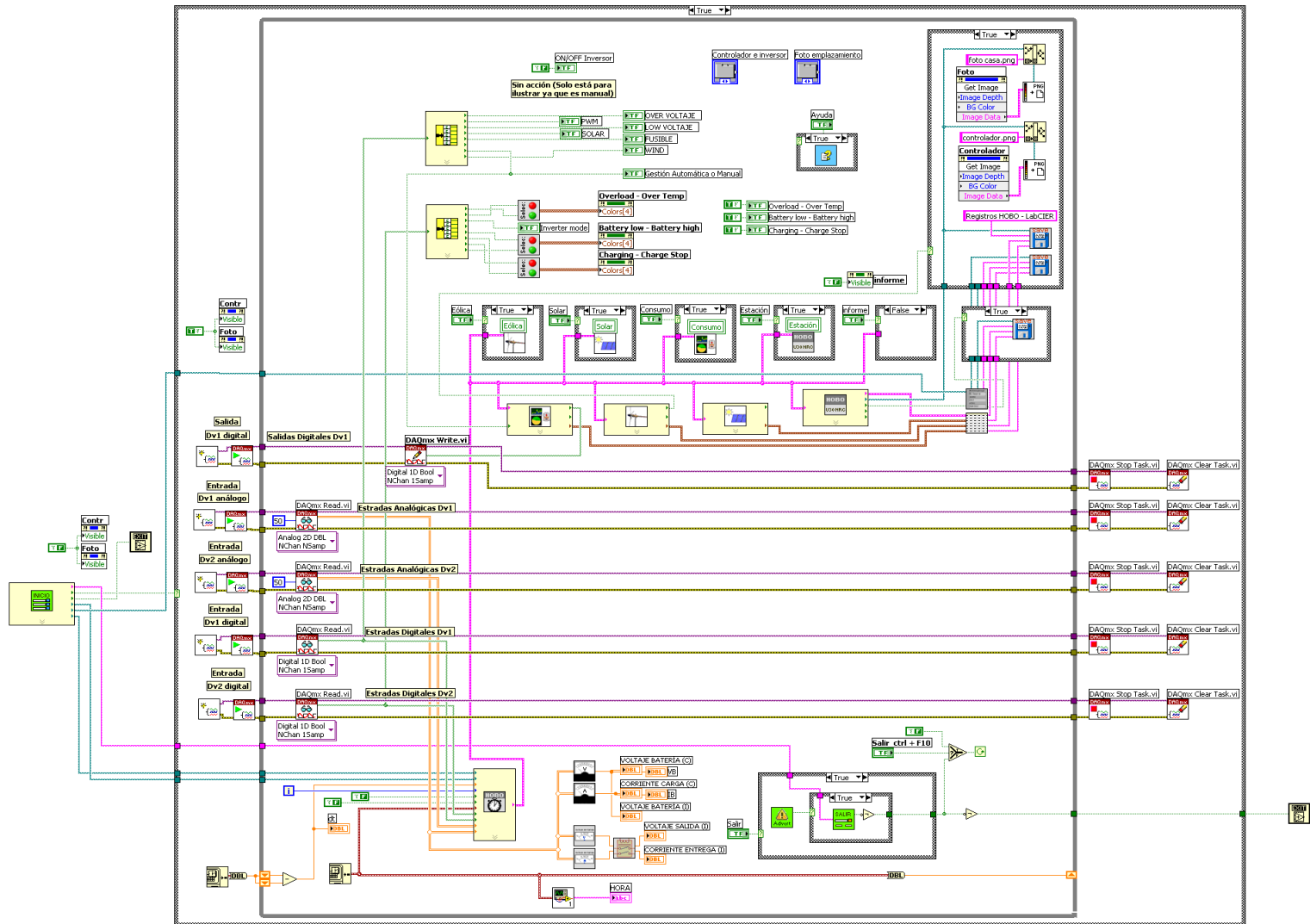


Figura 51. Diagrama de Bloques general de LabCIER.



#### f.4.2.2 LabCIER: Generación Eólica.

La ventana de “Generación Eólica” es generada por el SubVI: Generación\_Eólica.vi (Ver Figura 41). En esta ventana se puede apreciar, de forma dinámica y en tiempo real, la energía eólica incidente en el sector y la generada por el aerogenerador, distinguiéndose por colores (Ver Figura 52: Potencia Eólica Incidente y Generada). En ésta gráfica se decidió mostrar el análisis de las últimas 24 Horas a fin de poder comparar el último dato generado (el actual) con el dato generado el día anterior, en la misma hora; además de que, de esta manera, se tiene la gráfica siempre llena. La otra opción era solo mostrar los datos del día actual pero, solo se tendría la gráfica llena cuando termine el día, además que no hubiese sido posible comparar datos de dos días.

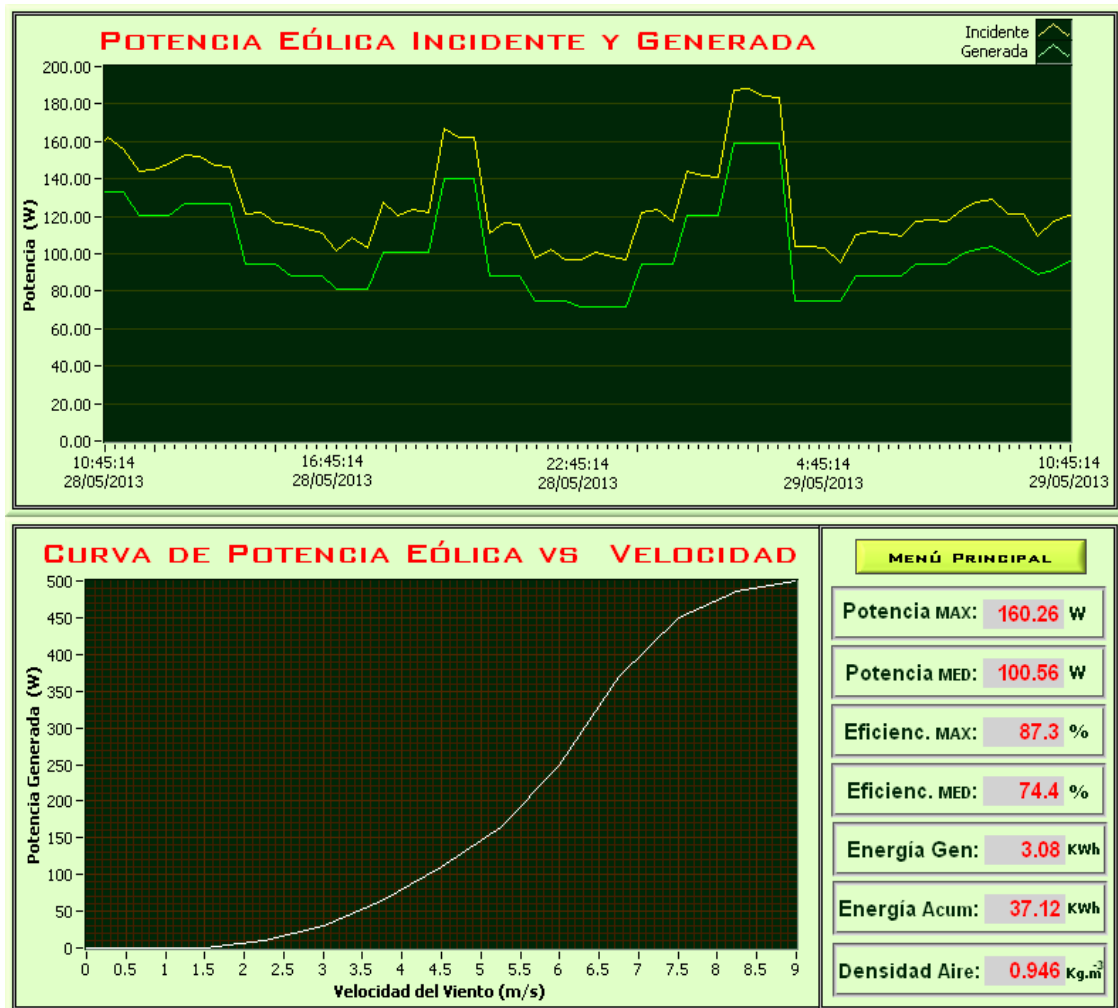


Figura 52. Pantalla secundaria de LabCIER: Generación Eólica.

En el recuadro del Menú principal de la misma Figura (Figura 52) se puede apreciar un análisis numérico de los datos del día actual. Para buscar estos datos en la gráfica

superior hay que hacerlo a partir de la hora 00:00:00 del día actual; esto por si al usuario le interesa saber las potencias, energías o eficiencias máximas o medias que se suscitaron el presente día. Además, en este recuadro, se puede apreciar la energía generada, hasta ese momento, en el día actual (Energía Generada), o el mes actual (Energía Acumulada). También se puede apreciar, en tiempo real, la Densidad del Aire.

El Sistema puede trabajar tanto con la densidad del aire calculada como con una constante, esta última puede ser colocada por el administrador del LabCIER. Par ello basta **presionar F2**, en esta ventana, y se invocará una sub ventana como la Figura 53, en esta se puede decidir con qué Densidad debe trabajar el Sistema. Por defecto, LabCIER trabaja con la calculada, pero si se desea colocar una constante, se pulsa el botón “**Densidad Constante?**” de la sub ventana y se coloca la densidad que se desee.

La densidad constante ( $1.225 \text{ Kg/m}^3$ ) que aparece por defecto en el control (Figura 53) es la que comúnmente se utiliza para los cálculos en la Industria Eólica, y se presenta como sugerencia pues puede ser colocada la que decida el administrador.



Figura 53. Ventana para colocar una densidad constante.

Para evitar confusiones en cuanto a los datos que proporcionan los indicadores, se los ha programado para que muestren un mensaje, al acercarlos el *mause* (Ver figura 54), con una corta explicación acerca del resultado que están proporcionando. Esta información solo puede ser vista en el software gestor (LabCIER) más no en la web.

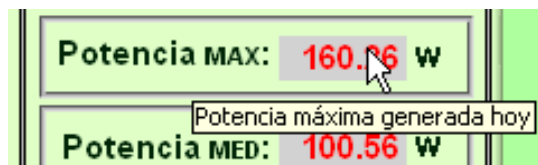


Figura 54. Ventana para colocar una densidad constante.

Por último, en la gráfica inferior de la Figura 52, se puede apreciar la curva característica que ha tenido el aerogenerador en el mes que antecede; esta gráfica, por

ende, se actualiza al término de cada mes y muestra la Curva Característica de la Potencia Eólica Generada versus la Velocidad del Viento. Esta curva comúnmente es proporcionada por los fabricantes de aerogeneradores, sin embargo, es generada o graficada bajo “condiciones controladas” de humedad, temperatura, direccionalidad del viento, etc., por lo que esta curva no será igual siempre pues, aunque la velocidad del viento sea igual, el resto de variables pueden variar, con lo que la potencia generada también variaría. Además, el deterioro mismo del aerogenerador también hace disminuir su rendimiento.

El Diagrama de Bloques general del SubVI: Generación Eólica.vi es el de la Fig. 55

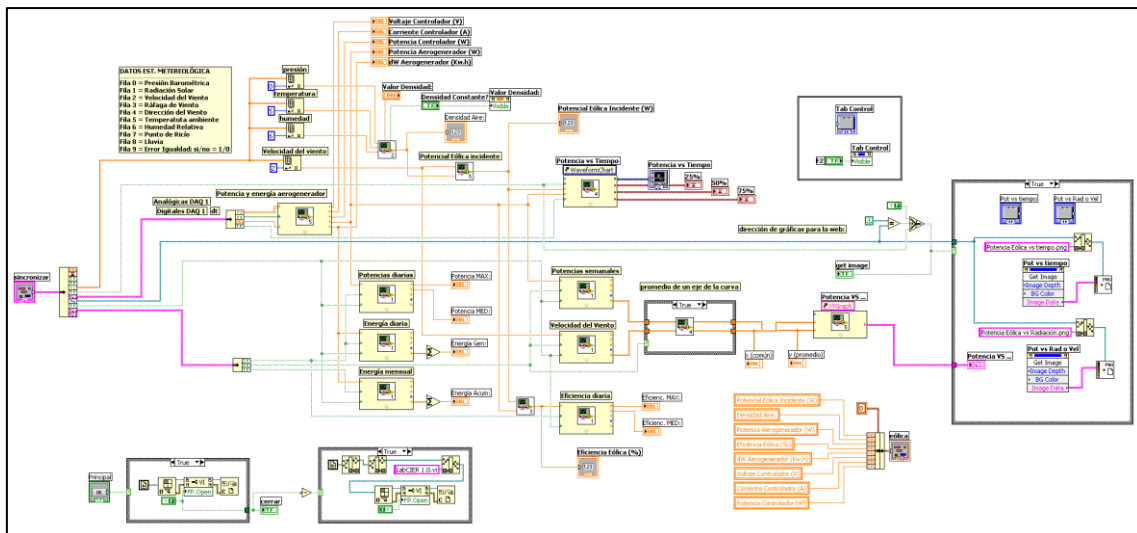


Figura 55. Diagrama de bloques del SubVI: Generación Eólica.vi

#### f.4.2.2.1 SubVIs para el cálculo de la Potencia Eólica Incidente.

Para el cálculo de la **Potencia Eólica Incidente** se debe conocer el área de barrido del aerogenerador; combinando la **ecuación 1** y **2** se pudo crear un SubVI (Potencial eólico incidente.vi) que calcule la potencia a partir de la densidad del aire y la velocidad del viento, teniendo como constante el radio de barrido del aerogenerador. (Ver Figura 56).

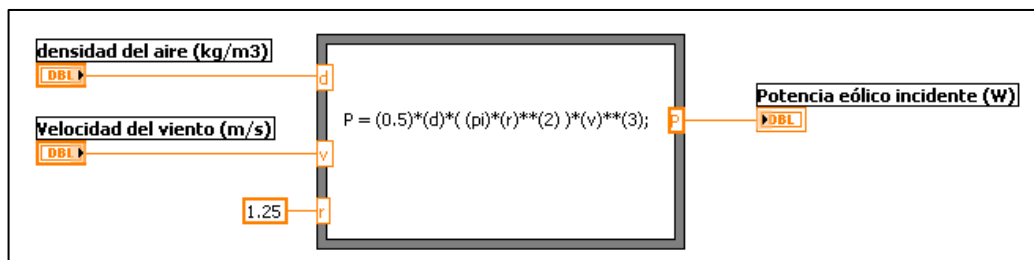


Figura 56. Diagrama de bloques del SubVI: Potencial eólico incidente.vi

Como la densidad del aire es una variable, también se creó un SubVI (densidad del aire.vi) que la calcule. Aplicando la **ecuación 4**, se creó el SubVI de la Figura 57. Este SubVI tiene como entradas la presión, humedad y temperatura, todas estas variables son proporcionadas directamente por la Estación Meteorológica.

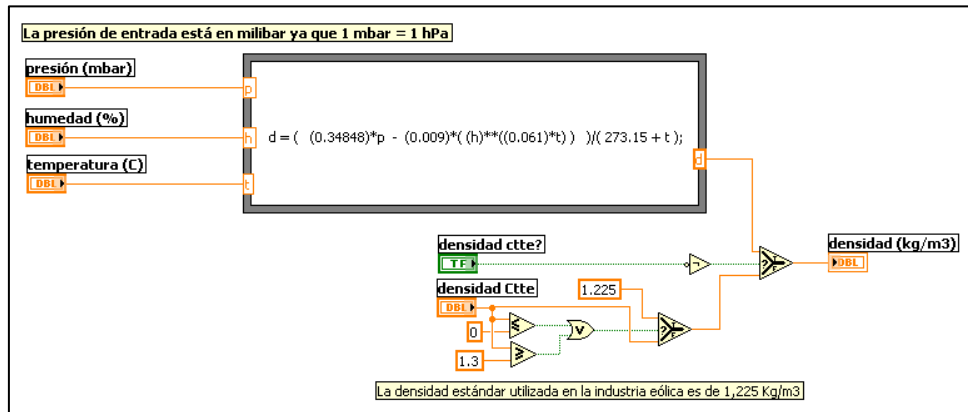


Figura 57. Diagrama de bloques del SubVI: Potencial eólico incidente.vi

El SubVI “densidad del aire.vi” también puede proporcionar una densidad constante; esto gracias a que se le puso una entrada para densidad constante, la cual tiene prioridad si se encuentra en alto el control “**densidad ctte?**”. Como se puede apreciar en la Figura 57, la densidad constante tiene un condicionamiento, el cual no le permite colocar un valor menor a 0 (cero) o mayor a 1.3; en caso de colocar uno menor o mayor al permitido, el número puesto se reemplazaría por el valor estándar utilizado en la industria eólica que es 1.225. Se determinó el valor de 1.3 como máximo ya que se realizando pruebas a la fórmula en condiciones extremas, que pudieran incrementar notablemente la densidad, resultó que el máximo valor es 1.27575, menor a 1.3

En la fórmula para el cálculo de la potencia incidente solo faltaría el valor de la velocidad del viento; este valor es ingresado directamente pues lo proporciona la Estación Meteorológica.

#### f.4.2.2.2 SubVIs para el cálculo de la Potencia y Energía Eólica Generada.

Para el cálculo de la **Potencia Eólica Generada** se debe conocer el Voltaje y La Corriente Generada pero, dado que se trata de un aerogenerador trifásico y que la frecuencia de su corriente es asíncrona, lo que dificultaba su medición, se determinó la potencia eólica generada a partir del Controlador de Carga. Dado que al Controlador solo ingresa la energía del aerogenerador y los paneles fotovoltaicos, la salida del

mismo es el resultado de la energía del aerogenerador más la de los paneles y más las pérdidas en el mismo (o autoconsumo). En la Figura 58 se puede apreciar el SubVI encargado de calcular o entregar la potencia del aerogenerador, para lo cual se vale de los indicadores del Controlador que indican cuando está generando el sistema.

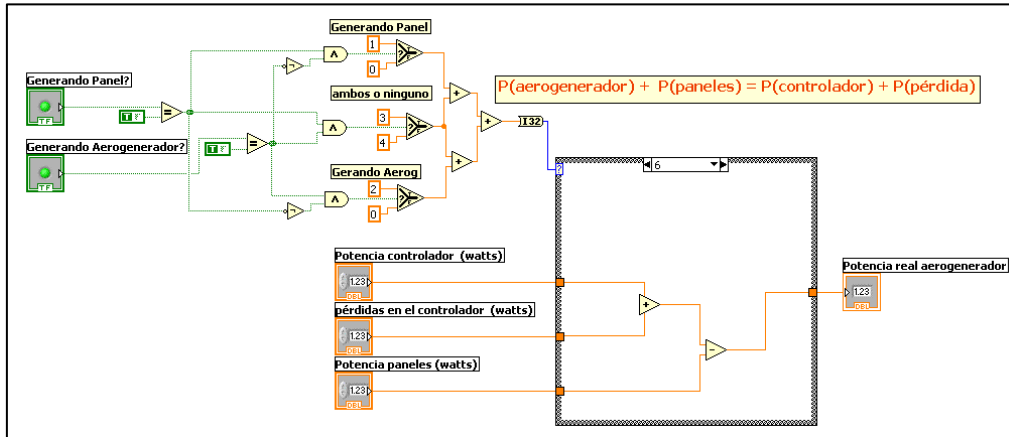


Figura 58. Diagrama de bloques del SubVI: Potencial aerogenerador.vi

Como se puede apreciar en la figura 58, El SubVI “Potencial aerogenerador.vi” tiene como entradas: la Potencia del Controlador, sus pérdidas y la potencia generada por los paneles. La ecuación general utilizada se encuentra en la misma figura (recuadro amarillo) e indica que la suma de la potencia de salida del controlador más sus pérdidas, es igual a la suma de la potencia del aerogenerador más la potencia de los paneles.

Para los casos en que solo uno o ninguno de los dos genera, se ha hecho una tabla de condiciones, que incluyen como entradas los indicadores de estado del controlador: Generando Panel y Generando Aerogenerador (Ver tabla 15), esto a fin de evitar tomar, como potencia de entrada, “ruidos”.

Tabla 15. Condiciones para determinar la potencia del aerogenerador

CONDICIONES (Para la estructura de casos del SubVI)	
Si (1=Generando, 0 = No generando)	Entonces (P = potencia entregada)
Panel =1 Aerogenerador=1	$P(\text{aerog.}) = P(\text{control.}) + P(\text{pérdida}) - P(\text{paneles})$
Panel =0 Aerogenerador=1	$P(\text{aerog.}) = P(\text{control.}) + P(\text{pérdida})$
Panel =1 Aerogenerador=0	$P(\text{aerog.}) = 0$
Panel =0 Aerogenerador=0	$P(\text{aerog.}) = 0$

Fuente: Los Autores

El SubVI “Potencia del aerogenerador.vi” en realidad no calcula ninguna potencia, simplemente las agrupa, el encargado de calcular potencia es el SubVI “Potencia y Energía Aerogenerador.vi”, el cual contiene al primero y, además de la potencia, determina el incremento energía generada por cada ejecución del SubVI. Ver Figura 59.

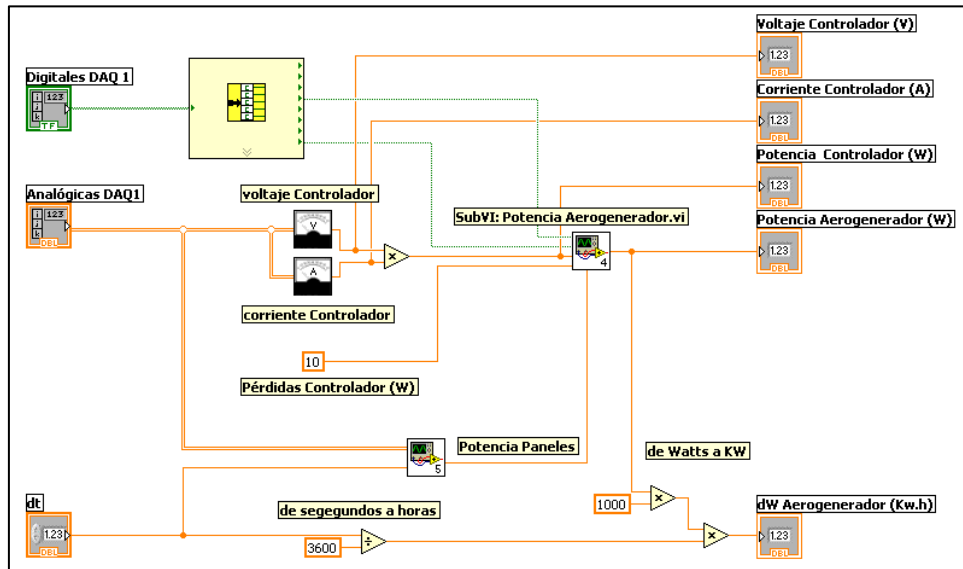


Figura 59. Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía Aerogenerador.vi

Como se puede apreciar en la figura 59, las pérdidas de potencia en el controlador son constantes y, según características técnicas del mismo (Ver tabla 11), equivalen a 10W.

La potencia generada por los paneles fotovoltaicos es calculada, ésta sí, mediante el voltaje y corriente de salida de los mismos, por el SubVI: “Potencia y Energía Paneles.vi”. Ver Figura 64

La potencia a la salida del Controlador se calcula aplicando la **ecuación 8**, esta adquiere las variables de Voltaje y Corriente del Controlador directamente de la DAQ1, por lo que antes hay que corregir la señal por cada variable de entrada. La corrección o calibración se lo hizo independiente, en la Figura 60 se puede apreciar el SubVI: “V\_controlador.vi”, el cual muestra el filtrado y la calibración de la entrada de voltaje del controlador. La corrección del sensor no es más que saber la relación entre la señal medida (se física o eléctrica) y el valor, en este caso de voltaje, que entrega el sensor. Esto se lo logra realizando varias mediciones de diferentes valores para sacar una curva característica del sensor. Como en nuestro caso se trata de sensores lineales, solo basta con tomar dos datos (máximo y mínimo) es interpolar el resto. Ver Figura 60.

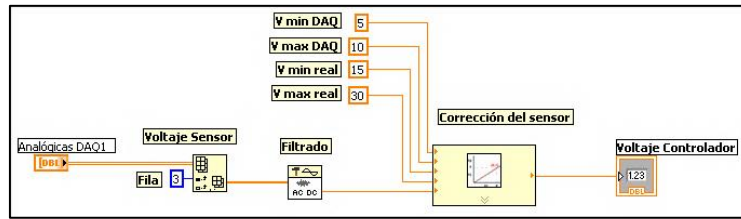


Figura 60. Diagrama de bloques del SubVI: V controlador.vi

Para el cálculo de la energía eólica generada se aplica la **ecuación 9**. Para ello se multiplica la potencia generada en una interacción  $dP$  por tiempo que se demoró en ejecutar la misma o  $dt$ . Ver figura 58

Dada la Cantidad de SubVI (más de 150 en total) solo se han explicado los que se ha creído más importantes, aunque muchos de los que faltan fueron, incluso, más difíciles de desarrollar, con que faltare tan solo uno de ellos ya no funcionaría LabCIER.

#### f.4.2.3 LabCIER: Generación Solar.

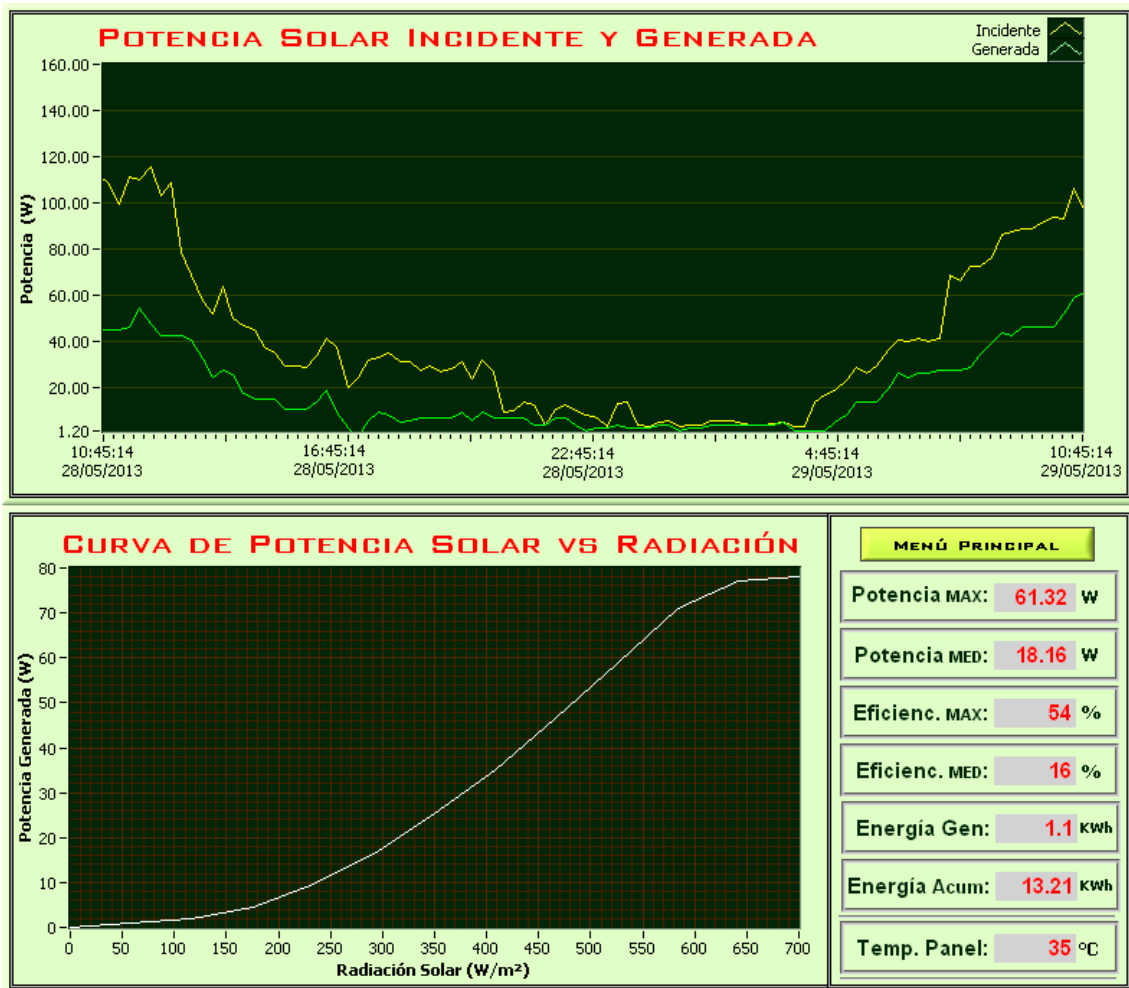


Figura 61. Pantalla secundaria de LabCIER: Generación Solar.

La ventana de “Generación Solar” (Ver Figura 61), generada por el SubVI: Generación\_Solar.vi, es análoga a la de “Generación Eólica”. En esta se puede apreciar la energía solar incidente en el sector y la generada por los paneles fotovoltaicos. Igualmente tiene un menú, debajo del cual se aprecia las potencias, eficiencia y energías generadas por los paneles; además se puede ver la temperatura de un panel en tiempo real. Igualmente se puede observar la curva característica de los paneles vs la radiación.

**Nota:** La Curva característica de la “Potencia Solar Generada vs Radiación Solar” corresponde a todo el circuito de generación fotovoltaica y, por ende, corresponde a los tres paneles fotovoltaicos en paralelo, por lo que, a diferencia del aerogenerador, no se la puede comparar con las curvas características de los paneles dada por los fabricantes.

El Diagrama de Bloques general del SubVI: Generación Solar.vi es el de la Fig. 62

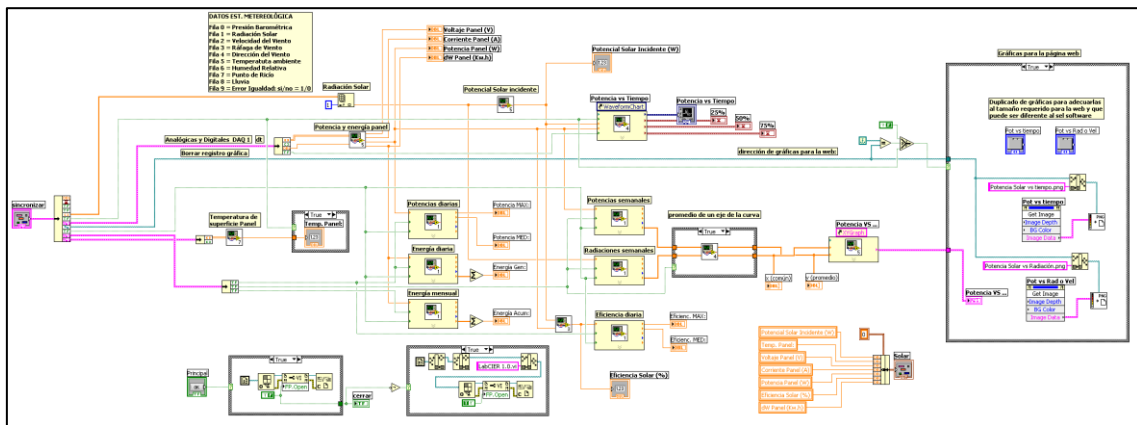


Figura 62. Diagrama de bloques del SubVI: Generación Solar.vi

#### f.4.2.3.1 SubVIs para el cálculo de la Potencia Solar Incidente.

Para el cálculo de la **Potencia Solar Incidente** se debe conocer el área de incidencia total de los paneles y la radiación solar. Aplicando la **ecuación 6**, se creó un SubVI (Potencial solar incidente.vi) que calcula la potencia a partir de la Radiación Solar (proporcionada por la Estación Meteorológica), y el área de de los paneles que es una constante. (Ver Figura 63).

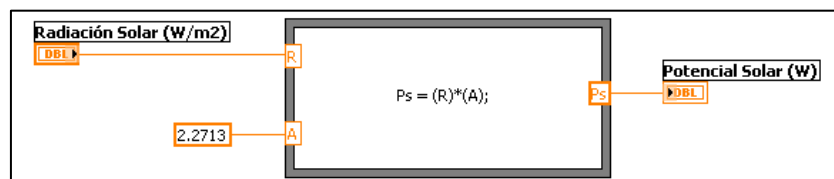


Figura 63. Diagrama de bloques del SubVI: Potencia Solar incidente.vi



### f.4.2.3.2 SubVIs para el cálculo de la Potencia y Energía Solar Generada.

Para el cálculo de la **Potencia Solar Generada** se debe aplicar la **ecuación 8**, para lo cual se debe conocer el Voltaje y La Corriente de los Paneles. Ver Figura 62.

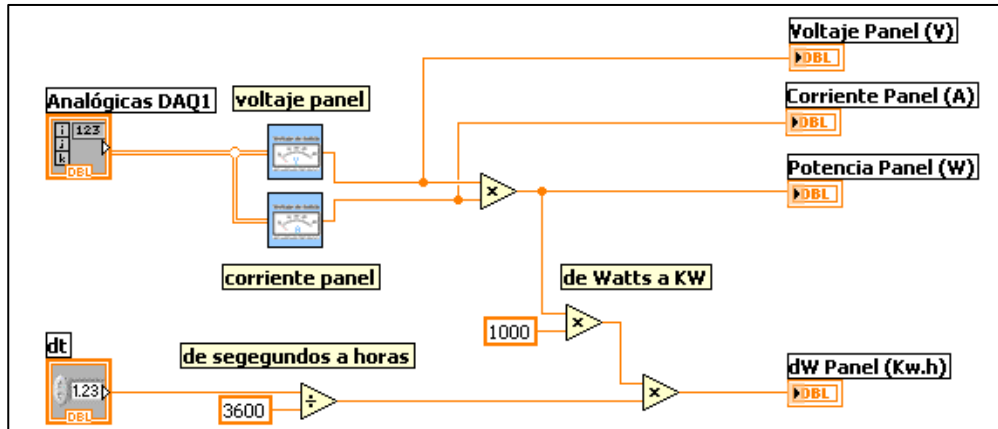


Figura 64. Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía Paneles.vi

El Voltaje y la Corriente de los paneles es proporcionada por la DAQ1 y, al igual que en las variables anteriores, antes de las debe corregir y por separado. Uno de los SubVIs encargados de la corrección es el “V\_panel.vi”, mostrado en la Figura 65.

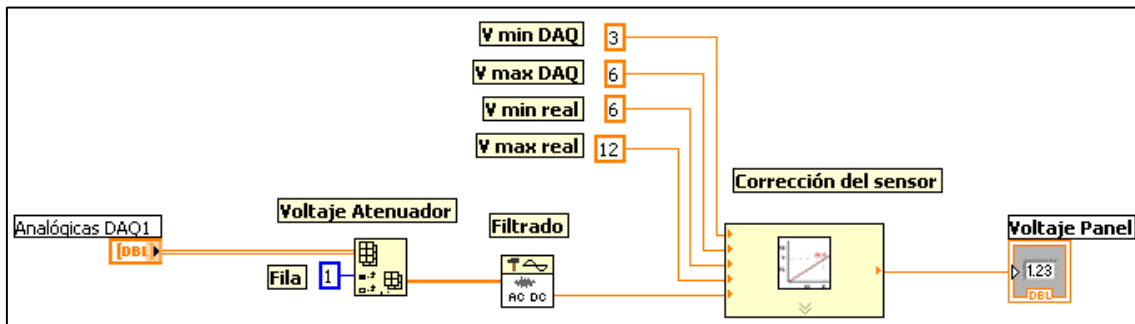


Figura 65. Diagrama de bloques del SubVI: V panel.vi

El resto de SubVI encargados de la corrección del valor de entrada son análogos y solo cambian su dirección de entrada del *array* y los valores mismos de calibración.

Al igual que en el SubVI de generación Eólica, por la cantidad de SubVIs, solo se han explicado los que se ha creído es más importante hacerlo.

### f.4.2.4 LabCIER: Consumo Casa.

La ventana de “Consumo Casa” es generada por el SubVI: Consumo Casa.vi (Ver Figura 66). En esta ventana se puede apreciar el consumo energético que ha tenido la

casa, tanto de energía renovable como de convencional, diferenciado por circuitos y en gráficas que muestran resultados diariamente, semanalmente y mensualmente.

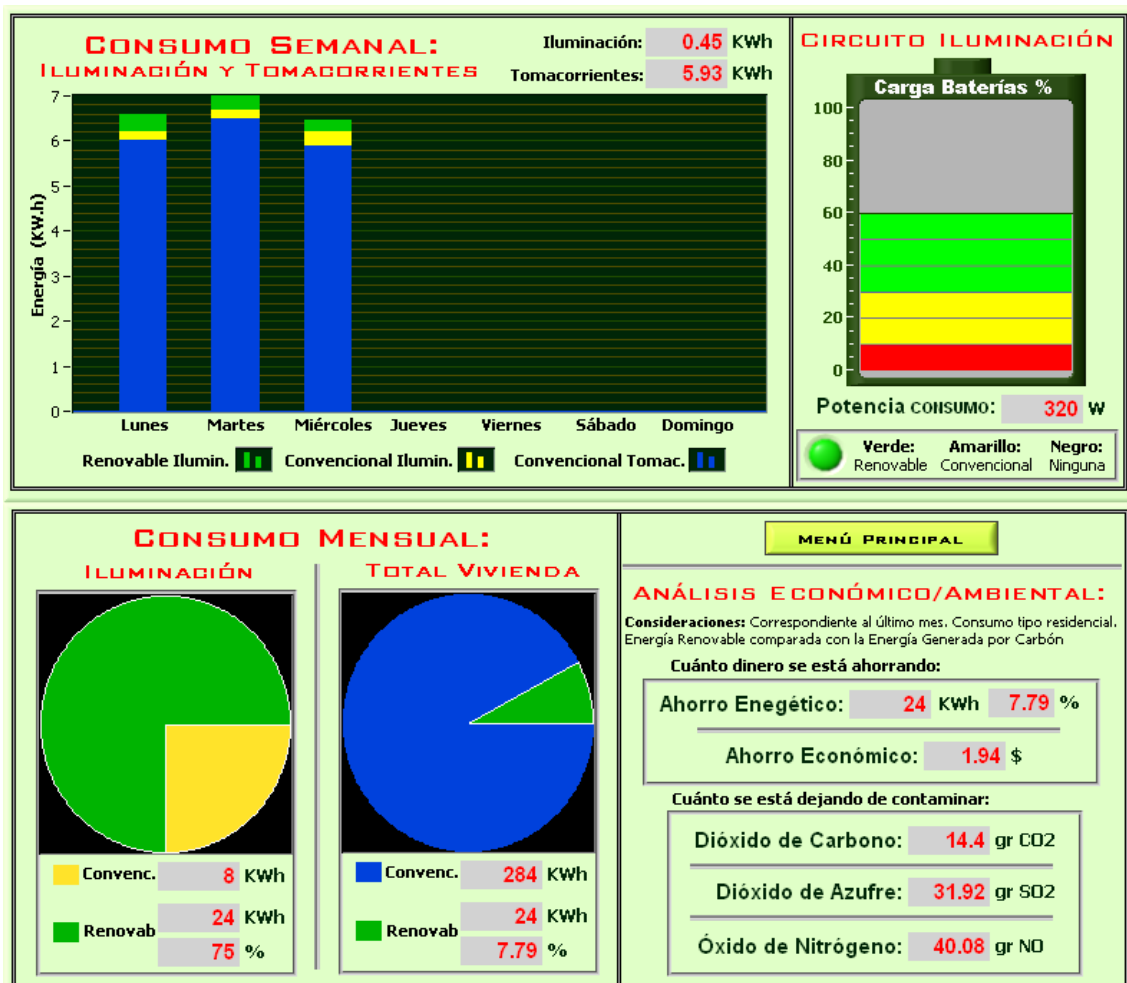


Figura 66. Pantalla secundaria de LabCIER: Consumo Casa.

En la primera gráfica, tipo columnas, (Ver Figura 66, gráfica superior izquierda) se puede apreciar el Consumo Energético Diario Total que va teniendo la casa en el transcurso de la Semana (razón por la que se la llamó “Consumo Semanal”). Esta gráfica muestra, por colores, la cantidad de energía consumida en los circuitos de iluminación (tanto renovable como convencional) y tomacorrientes. En la parte superior de la misma gráfica, ya con valores numéricos, se puede apreciar el consumo energético diario, por concepto de iluminación (sea renovable y/o convencional) y tomacorrientes, en lo que va del día actual.

En la parte Inferior izquierda de la pantalla se puede apreciar, en gráficas tipo pastel, el Consumo Mensual que va teniendo la casa (actualizadas en tiempo real), tanto en el

circuito de iluminación como en el total de la vivienda. Debajo de éstas gráficas se puede apreciar, ya en datos numéricos, el consumo acumulado hasta el día actual y el aporte energético que representan las energías renovables, en el circuito de iluminación y en el total de la casa.

En esta gráfica se puede ver, en tiempo real, el comportamiento de carga y descarga del banco de baterías del Sistema Híbrido y, dado que éstas solo alimentan el circuito de iluminación, debajo se muestra la Potencia de consumo o la instalada a éste circuito. Además, debajo hay un indicador luminoso el cual indica qué tipo de energía (renovable o convencional) está alimentando el circuito de iluminación.

Finalmente, en la parte inferior derecha de la pantalla, se muestra un análisis económico ambiental por concepto del consumo energético de la casa. Aquí se puede ver, en tiempo real, cuánta energía se está ahorrando o evitando consumir de la EERSSA en el mes actual, además de cuánto dinero se ahorra por concepto de energía eléctrica. En esta ventana también se puede ver cuánta contaminación se ha dejado de emitir a la atmosfera, en el transcurso del presente mes, gracias al consumo de energías renovables en vez de la convencional.

El Diagrama de Bloques general del SubVI: Consumo Casa.vi es el de la Fig. 67

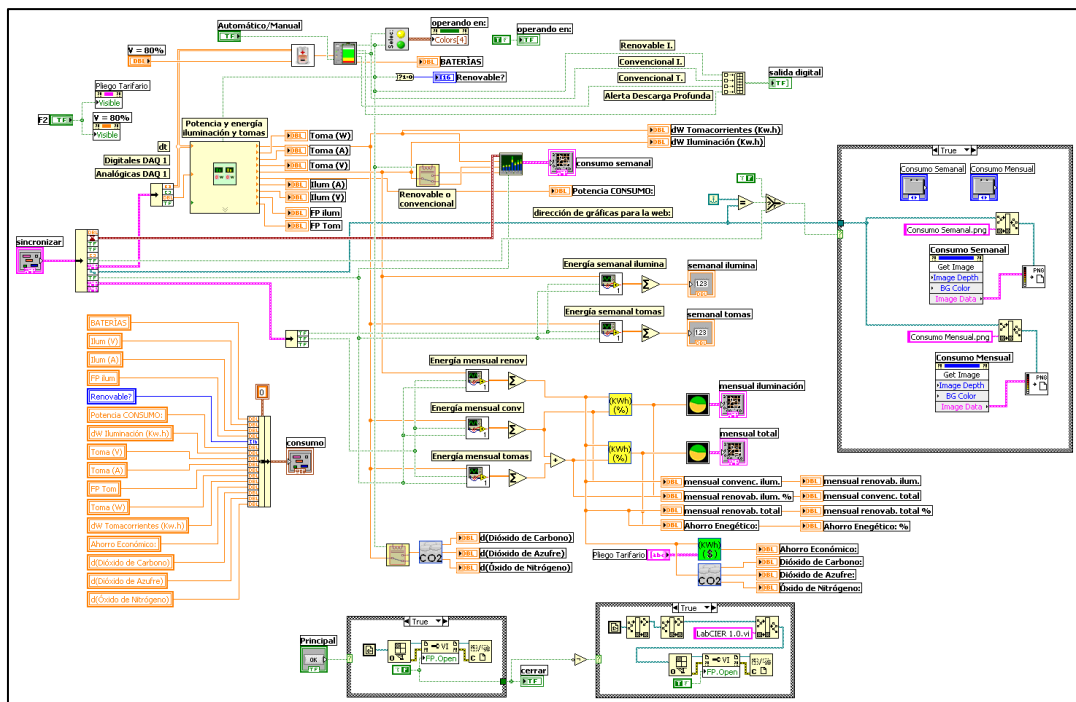


Figura 67. Diagrama de bloques del SubVI: Consumo Casa.vi

**Nota:** Se ha tomado, para efectos de facturación, como si los habitantes de la casa se tratasen de un usuario tipo residencial. Además, para determinar el porcentaje de contaminación, se tomado como si la energía convencional fuera producida por carbón.

#### f.4.2.4.1 SubVIs para calcular la Potencia y Energía consumida en la casa.

Para determinar la potencia y la energía consumida en la casa se debe conocer tanto el voltaje como la corriente de cada circuito de la casa (iluminación y tomacorrientes).

El encargado de calcular las potencias y las energías es el SubVI: “Potencia y Energía.vi”. Ver figura 68.

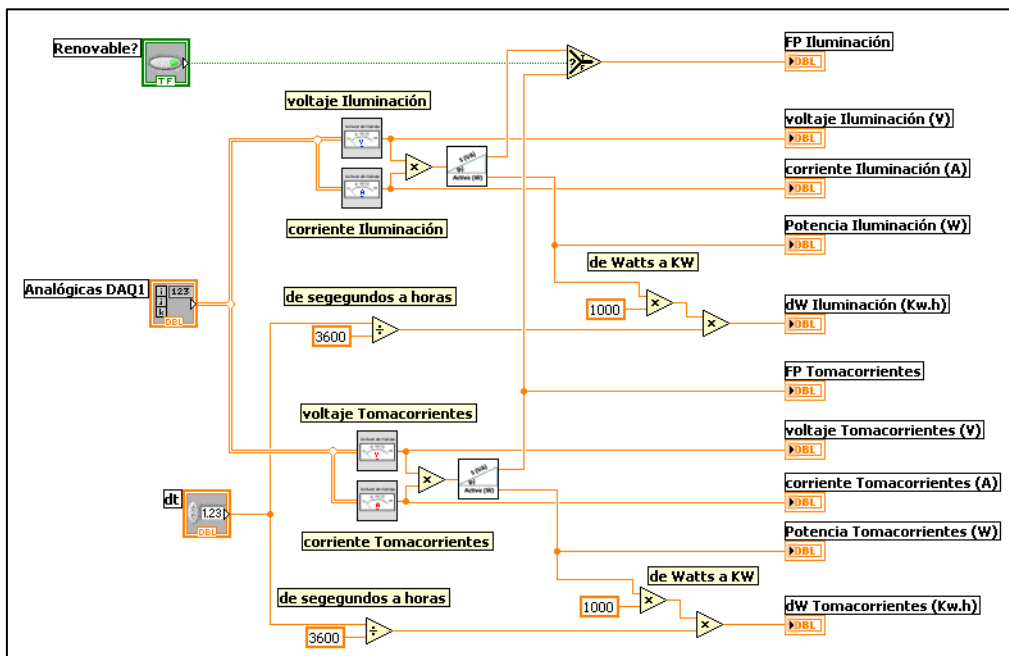


Figura 68. Diagrama de bloques del SubVI: Potencia y Energía.vi

El SubVI de la figura 68 determina: el factor de potencia, voltaje, corriente, potencia y energía tanto del circuito de iluminación como de tomacorrientes. Para ello la tarjeta DAQ1 le proporciona el voltaje y la corriente (AC) de cada circuito.

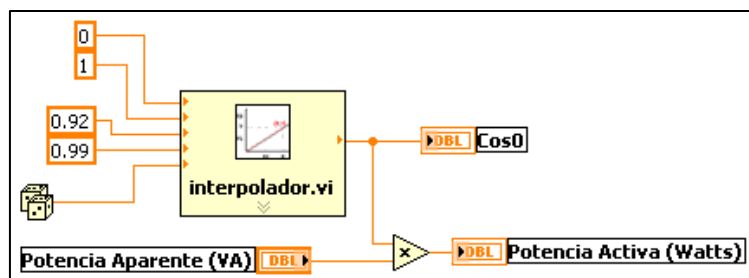


Figura 69. Diagrama de bloques del SubVI: Potencia activa.vi

Dado que se ha propuesto usar Sensores de Corriente que miden el valor RMS de la señal, no es posible determinar el factor de potencia, por lo que ésta variable se ha simulado. El SubVI que simula el factor de potencia es el “Potencia activa.vi”, mismo que genera números aleatorios entre 0.92 (que es el mínimo factor de potencia mensual aceptado por la EERSSA) y el 0.99. Ver Figura 69.

En la Figura 68 se puede apreciar, además, el cálculo de la potencia aparente (aplicando la **ecuación 10 y 11**), y el cálculo de la energía (aplicando la **ecuación 12 y 13**).

El SubVI de la figura 68 calcula la energía como lo hacen los medidores comerciales, solo que adquiere y realiza cálculos a intervalos más cortos (en el rango de milésimas de segundo). En un periodo de unos segundos puede aumentar o disminuir el consumo sin que los medidores comerciales lo detecten, sin embargo, censando a milésimas de segundo, la curva de consumo es muy parecida a la real.

#### f.4.2.4.2 SubVIs para determinar el Consumo Semanal.

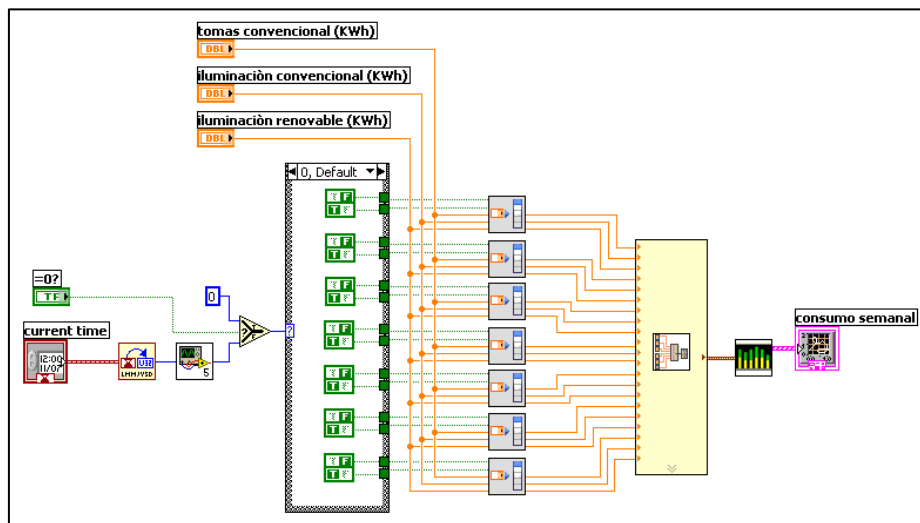


Figura 70. Diagrama de bloques del SubVI: gráfica energía semanal.vi

Para determinar el consumo semanal simplemente se debería sumar el consumo energético generado por el SubVI: “Potencia y energía.vi” durante el transcurso de la semana, sin embargo, el SubVI: “Consumo Casa.vi”, no solo suma la energía consumida en la semana sino que la muestra dividida por días y, a la vez, sub dividida por el tipo de energía (Ver figura 66). EL encargado de presentar el consumo energético en forma de columnas es el SubVI: “gráfica energía semanal.vi”, mostrado en la Figura 70. Este SubVI interpreta el tipo de energía que ingresa a la casa (renovable o

convencional) y el día en que se está generando, para ir la acumulando en el día que le corresponde. Al término de cada semana la gráfica se encera (borra todos sus registros mostrados), e inicia un nuevo registro correspondiente a la nueva semana. Todo esto lo hace en tiempo real, es decir que, a medida que consume energía la casa, la gráfica se va actualizando, sin tener que esperar a que termine el día o la semana para presentar los datos. Este SubVI tiene como entradas a las salidas: “tomas convencional, iluminación convencional e iluminación renovables” del SubVI: “Potencia y energía.vi” de la fig. 68

#### f.4.2.4.2 SubVIs para determinar el Consumo Mensual.

Para determinar el consumo energético mensual, aquí sí, se suman los consumos energéticos generados por el SubVI: “Potencia y energía.vi” (Figura 68) durante el transcurso del mes, tomando como punto de inicio siempre el día primero (01) de cada Mes, a las 00:00:00 de ese día. Al término de cada mes, el SubVI borra los registros o históricos del mes anterior e iniciar en 0.

Los SubVIs encargados de mostrar el consumo mensual en gráficas tipo pastel se encuentran en el diagrama de bloques del SubVI secundario: “Consumo casa.vi” de la Figura 66. En la Figura 71 se puede apreciar de mejor manera estos SubVIs.

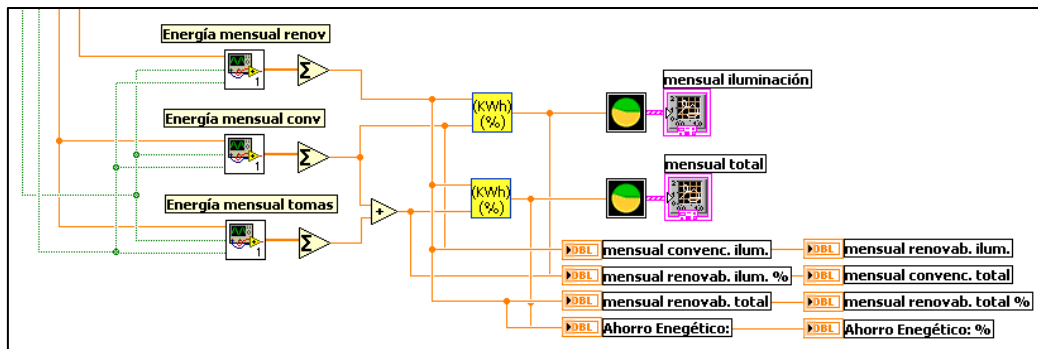


Figura 71. SubVIs encargados de presentar el Consumo Mensual.

Éstos SubVIs tienen como entrada la energía, de forma independiente, renovable y convencional; además tienen dos entradas discretas que sirven para indicar cuando ha terminado el día (para acumular datos en la siguiente columna) y otro para indicar cuando ha terminado la semana (para borrar todos los registros e iniciar un nuevo registros desde el día lunes). Ambos pulsos son recibidos a las 00:00:00 de cada día y al término de cada semana.

Los SubVIS de la izquierda acumulan los datos, los del medio los agrupa dependiendo del tipo de energía y el circuito al que pertenecen, los SubVIs de la derecha simplemente grafican

#### f.4.2.4.3 SubVIs para hacer el Análisis Económico-Ambiental.

Debajo de los SubVIs para determinar el consumo mensual, se encuentran los SubVIs que hacen el análisis Económico-Ambiental, como se puede ver en la figura 72, existen dos subVI para determinar la cantidad de contaminación que se evita emanar a la atmósfera, esto es porque los resultados de uno sirve para mostrarlos en LabCIER y corresponde a lo que se dejó de emitir en el presente mes; mientras que el otro sirve para determinar los mínimos incrementos de contaminación registrados por cada interacción del programa, este dato no se muestra sino solo se registra en la base de datos de LabCIER. Se prefirió registrar incrementos pues en caso de querer determinar cuánto de evitó contaminar un día cualquiera solo basta sumar los incrementos registrados en ese día, en un mes se suman los registros de todo el mes, etc.

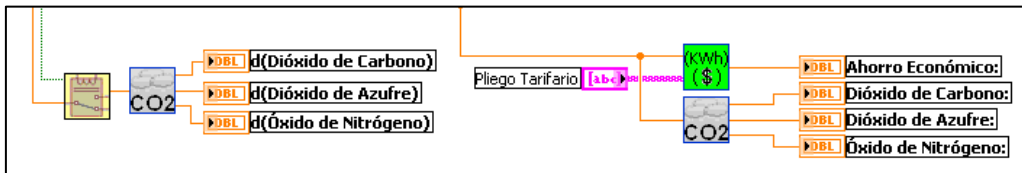


Figura 72. SubVIs encargados de presentar el Análisis Económico-Ambiental.

Para el cálculo del ahorro económico solo basta aplicar la **ecuación 17**, utilizando las constantes de la **tabla 3**. El encargado de determinar el ahorro económico (o costo de la energía ahorrada) es el SubVI: “tarifa EERSSA.vi”. Ver Figura 73.

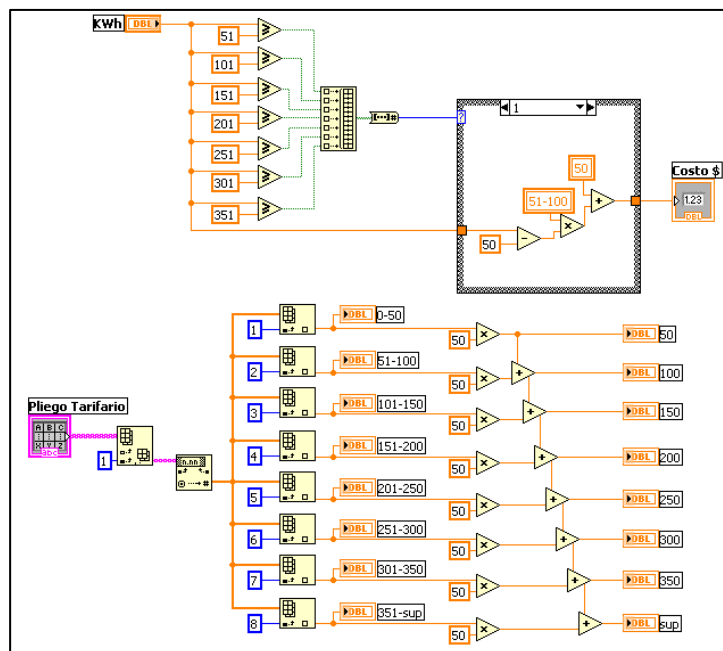


Figura 73. Diagrama de bloques del SubVI: tarifa EERSSA.vi

Para el cálculo de la contaminación que se deja de emitir a la atmósfera solo basta aplicar la **ecuación 20**, utilizando los factores de emisión del inciso **d.4.1.2**. El SubVI encargado de determinar cuánto de jedó de contaminar es: “Contaminación.vi”. Fig. 74

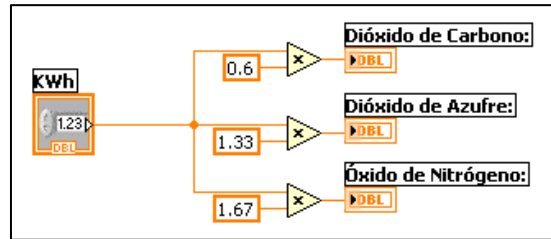


Figura 74. Diagrama de bloques del SubVI: Contaminación.vi

**Nota:** Por defecto, el costo del kW.h utilizado en LabCIER es el de la **tabla 3** (para usuario tipo residencial), sin embargo, si existe variación en los precios o se desea dar otra categoría en cuanto a costos, puede ser cambiado presionando la tecla *F2*, con lo que aparecerá el pliego tarifario utilizado listo para editar (Ver figura 75). Para aceptar simplemente se vuelve a presionar *F2* y listo. El nuevo pliego tarifario se guarda en una memoria temporal por lo que solo sirve para la sesión actual de LabCIER.

**ANÁLISIS ECONÓMICO/AMBIENTAL:**

**Consideraciones:** Correspondiente al último mes. Consumo tipo residencial. Energía Renovable comparada con la Energía Generada por Carbón

Pliego Tarifario	
Rango de consumo	Energía (USD/KWh)
0-50	0.081
51-100	0.083
101-150	0.085
151-200	0.087
201-250	0.089
251-300	0.091
301-350	0.093
351-Superior	0.095

Figura 75. Sub Ventana para edición del Pliego tarifario: costos

#### f.4.2.4.4 SubVIs para determinar el Consumo de las Baterías.

Para determinar el nivel de carga de las baterías se utilizó el método de medición del nivel de tensión, este método es el más utilizado por la facilidad y bajo costo de su implementación, aunque no da resultados muy precisos. Sin embargo, y dado que se trata de un proyecto de pregrado, se consideró que es la mejor alternativa para éste



sistema pues otros métodos involucran mucha inversión y aumentan muy poco la precisión pues no existe, aún, un método preciso para determinar el porcentaje de carga.

En la Figura 76 se puede apreciar los SubVIs encargados de determinar y presentar el nivel de carga de las baterías, así como determinar si existe suficiente energía para alimentar el circuito de iluminación con las renovables.

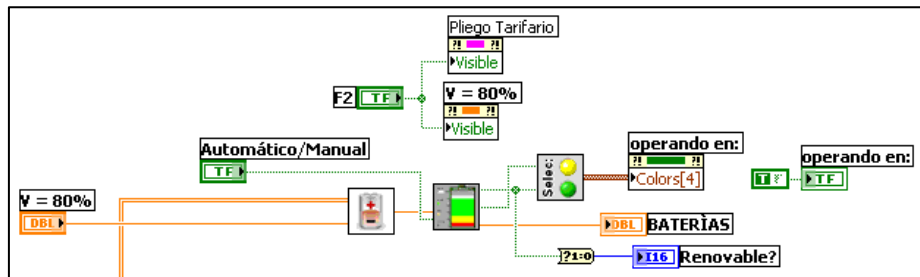


Figura 76. SubVIs encargados de determinar el Consumo de las Baterías.

Para determinar el estado de carga de las baterías se creó el SubVI “Estado de carga de baterías.vi” mostrado en la Figura 77, el cual mide la tensión del banco de baterías y hace una relación entre estados de carga mínimo y máximo.

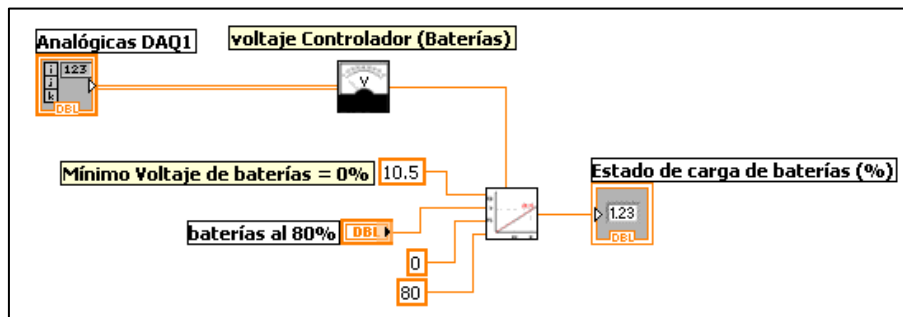


Figura 77. Diagrama de bloques del SubVI: Estado de carga de baterías.vi

Siguiendo indicaciones de fabricantes de baterías, y evitar descargas profundas o sobrecargas que puedan dañar las mismas, se consideró como nivel **0%** cuando el banco alcance una tensión de **10.5V** y, el **80%** (tensión de trabajo máxima) cuando la tensión alcance los **12.42V** <sup>(9)</sup>. Como se puede ver en la figura 77, el nivel de tensión considerado como 80% es una variable, esto dado que el nivel de carga de las baterías disminuye junto con su vida útil por lo que éste dato, que idealmente es una constante, se ha dejado para que pueda ser seteado por el administrador.

**Nota:** Dado que el valor del nivel de tensión de trabajo máxima (cuando el banco está cargado al 80%) es una variable que cambia no tan frecuentemente, se ha diseñado el

sistema para que éste controlador se presente solo cuando se lo invoque pulsando *F2* (Ver figura 78); por defecto, éste nivel de tensión, es tomado como 12.42V

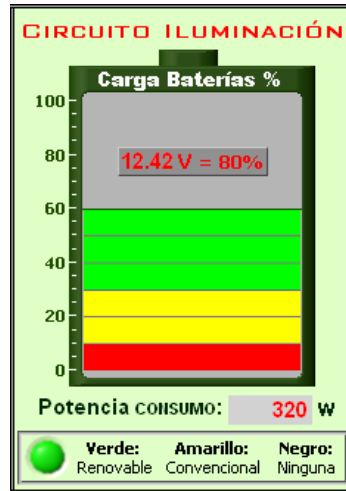


Figura 78. Ventana para edición del nivel de tensión de trabajo máximo de baterías.

#### f.4.2.5 LabCIER: Estación Meteorológica.

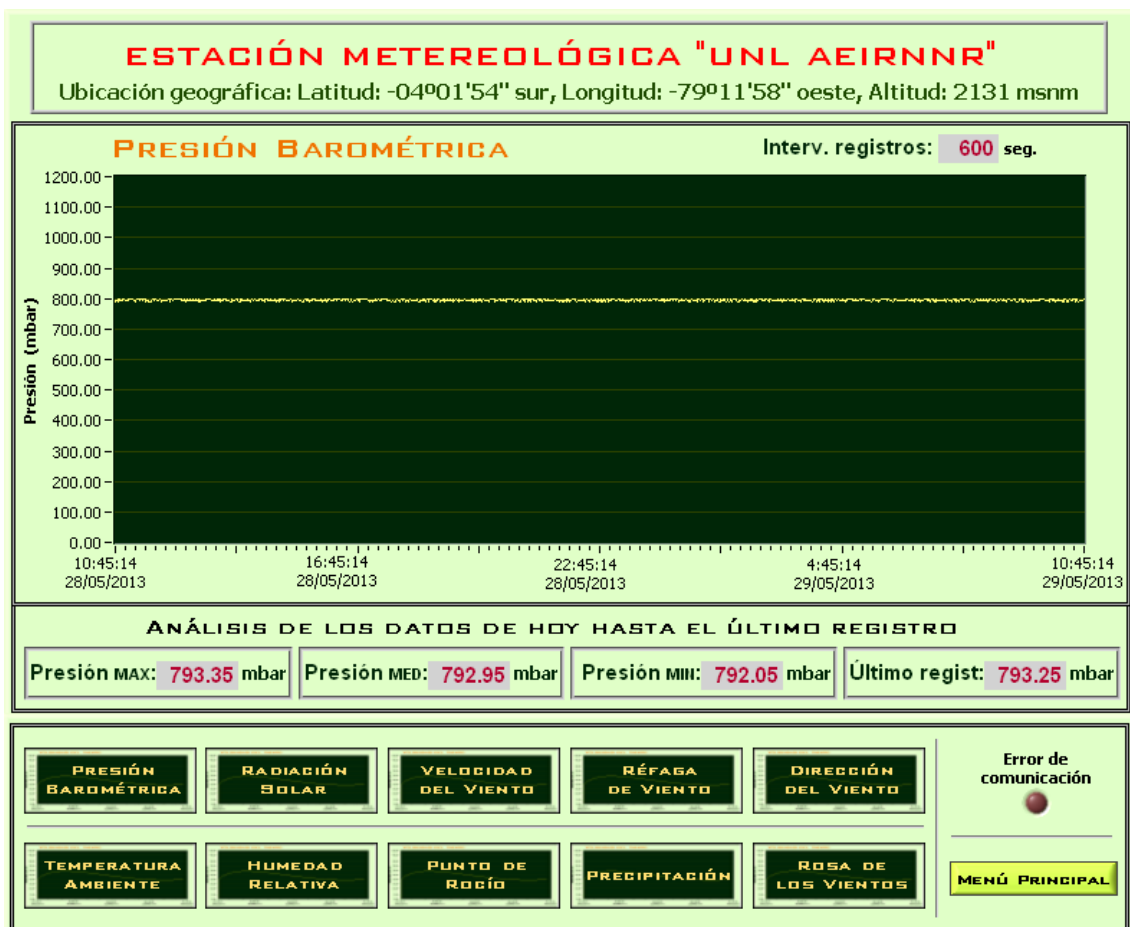


Figura 79. Pantalla secundaria de LabCIER: Estación Meteorológica.

La ventana “Estación Meteorológica” (Figura 79) es generada por el SubVI: “Estación Meteorológica.vi”. En esta ventana se puede observar el comportamiento diario (con actualización en tiempo real) de todas las variables que son monitoreadas por la estación meteorológica, además de aquellas que son calculadas y, la famosa Rosa de los Vientos.

En la parte inferior derecha de la figura 79, existe un indicador led que advierte en caso de haber “Error de comunicación” de la Estación Meteorológica con LabCIER, específicamente a causa de que no se actualiza o refresca con información nueva el archivo TXT generado por la HOBO, porque aún no se ha iniciado la descarga con HOBOWare, por error en la configuración para que sobrescriba el archivo descargado o, porque el archivo indicado en LabCIER no es el mismo donde se están registrando las variables de la Estación.

En la parte superior de la figura, para una mejor comprensión del lugar donde pertenecen estos datos o registros, se muestra el nombre y la ubicación geográfica de la Estación.

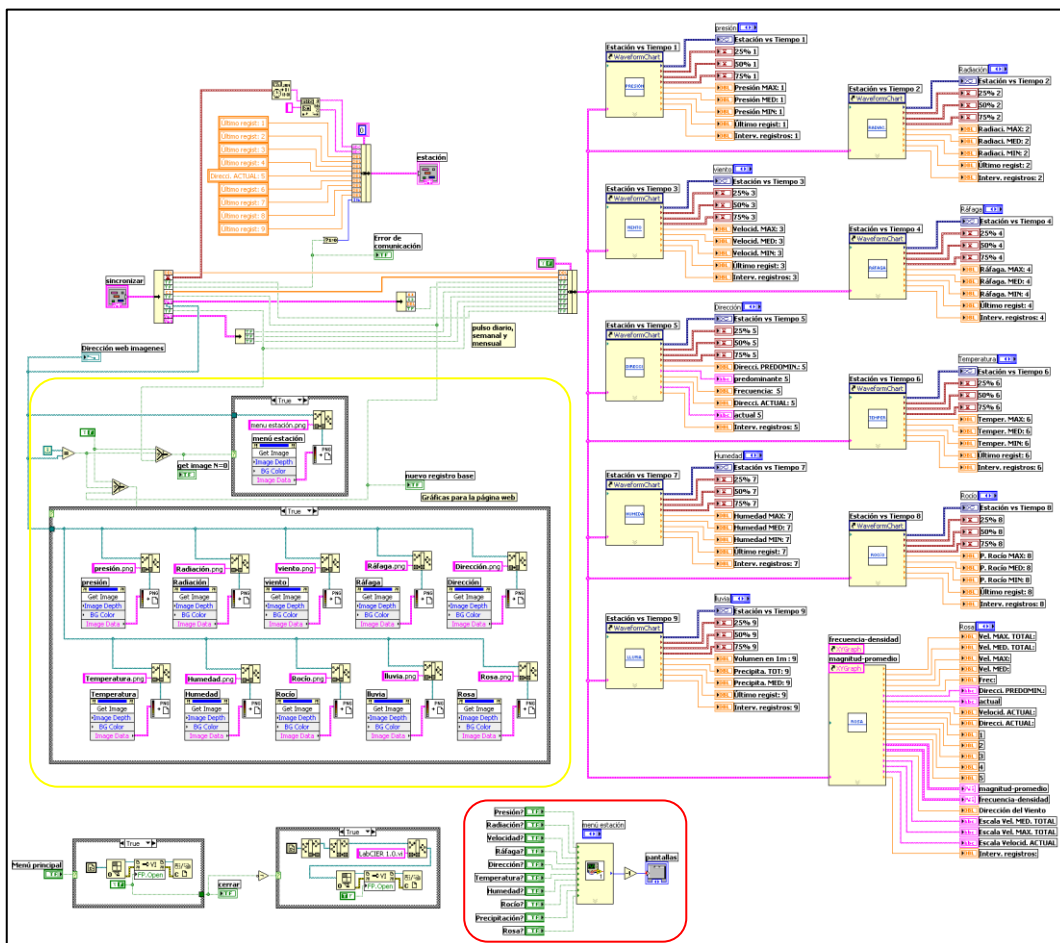


Figura 80. Diagrama de bloques del SubVI: Estación Meteorológica.vi

A diferencia del VI principal que llama las sub-ventanas con el “*SubVI Node Setup*” (Ver Figura 49), el SubVI “Estación Meteorológica.vi” muestra las sub-ventanas por medio de un “*tab control*”, el cual no llama a ningún subVI sino simplemente muestra la información que se solicita, y oculta el resto, sin que dejen de actualizar información. En el diagrama de bloques del SubVI “Estación Meteorológica.vi” (Ver Figura 80), se puede apreciar, en el recuadro rojo rojo, el “*tab control*” utilizado para invocar las sub-ventanas de las variables meteorológicas.

Como las variables (o sub-ventanas) se muestran independientemente, para verlas, en la parte inferior existe un sub menú que invoca cada una de ellas. Dado que no todo lo mostrado en la pantalla se actualiza, la única información que cambia, en caso de pasar de una variable a otra, es la mostrada en el recuadro del centro. En la Figuras 81 se puede apreciar una sub-ventana del SubVI “Estación Meteorológica.vi”. Esta sub-ventana es la que se muestra por defecto, siempre que se invoca la ventana Estación.

#### f.4.2.5.1 LabCIER: Estación Meteorológica: Sub-ventanas.

Como se puede observar en la figura 79, la ventana Estación Meteorológica cuenta con 10 sub-ventanas las cuales muestran los históricos de las últimas 24 horas, de cada variable, de forma gráfica y, los registros máximos, medios, mínimos y último registro, en forma numérica. Estas sub-ventanas son las mostradas en las Figuras del 81 al 90.

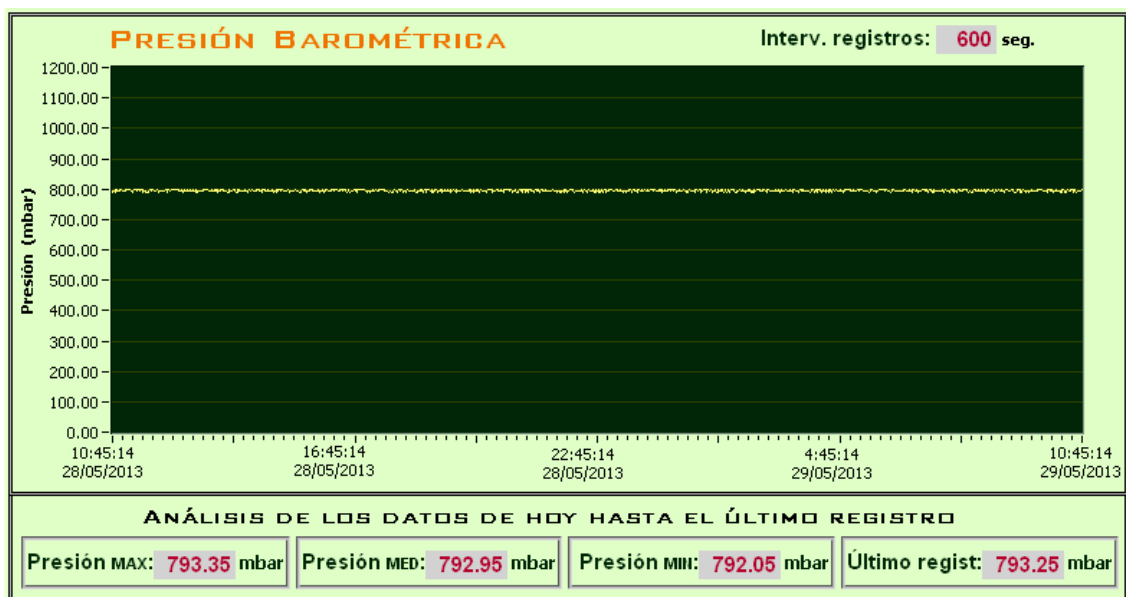


Figura 81. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Presión Barométrica.

En la Figura 81 se muestra la sub-ventana que se ve por defecto en ventana “Estación Meteorológica”. Aquí se puede observar que la Estación está registrando a intervalos de 10 minutos (600 segundos), este dato es muy importante ya que, además, es el tiempo que LabCIER toma como tiempo de registro y actualización para todo el Sistema.

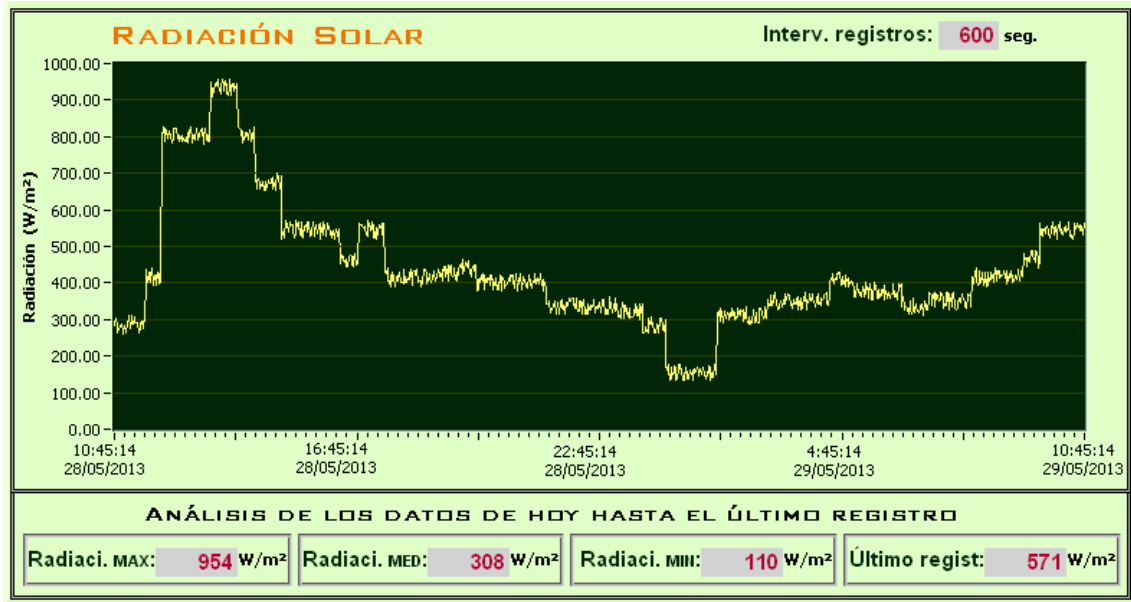


Figura 82. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Radiación Solar.

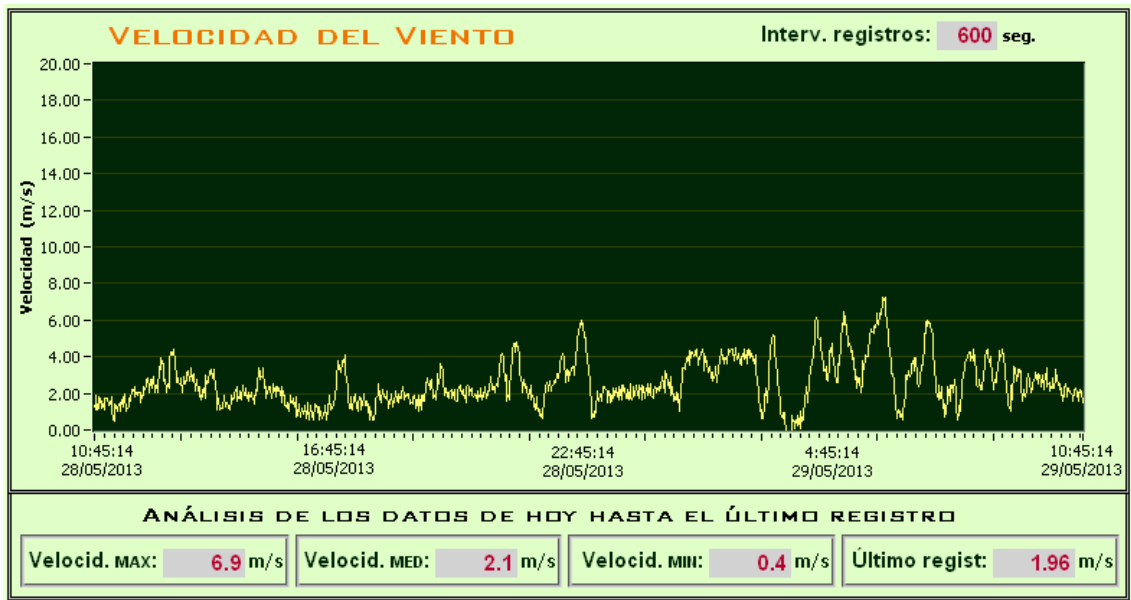


Figura 83. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Velocidad del Viento.

En la Figura 83 se puede ver el comportamiento de las últimas 24 horas de la Velocidad del Viento. Las unidades de todas las gráficas, controles e indicadores se muestran en el Sistema Internacional de Medida (S.I.). Las Escalas en el eje X e Y de las gráficas,

escalas del tiempo y de las variables meteorológicas, respectivamente, son fijas. Aunque los valores de hora y/o fecha en el eje X cambian, el espacio de tiempo mostrado en todas las sub-ventanas siempre es de 24 horas.

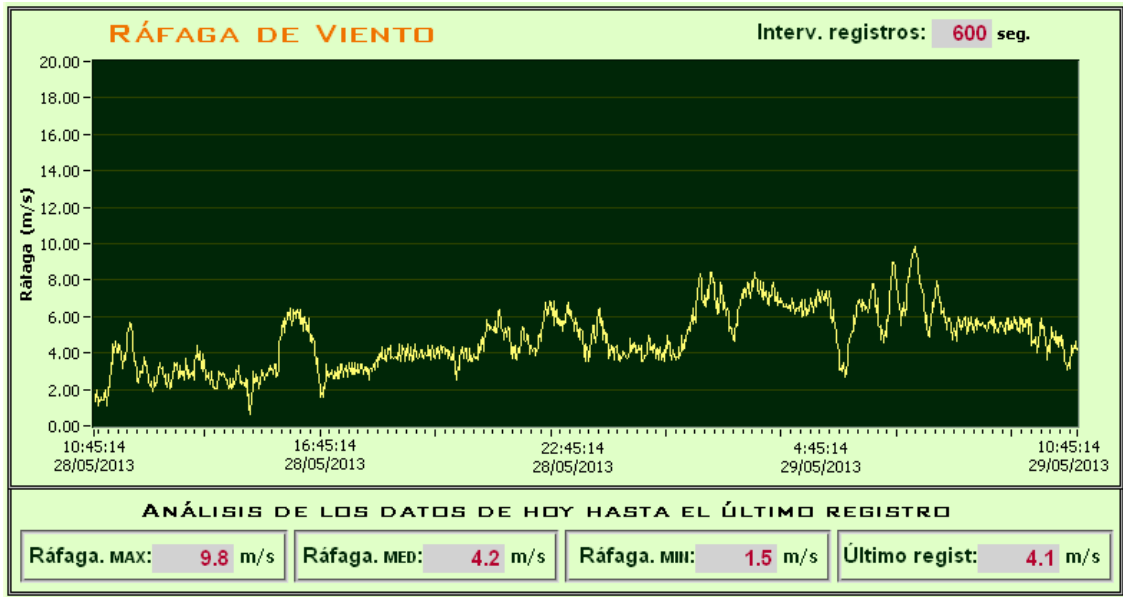


Figura 84. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Ráfaga de Viento.

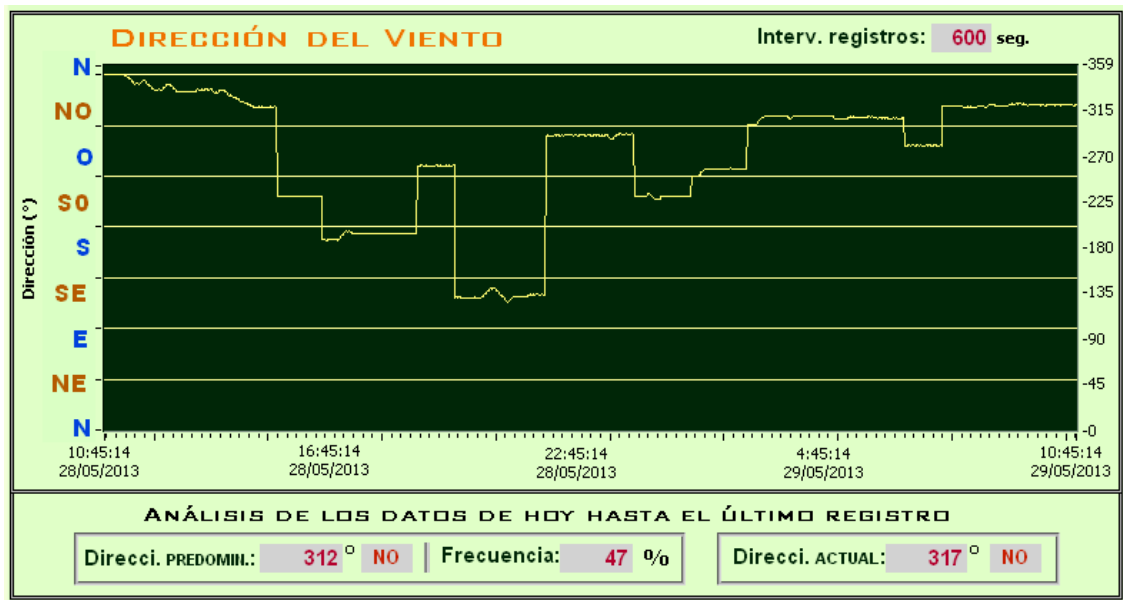


Figura 85. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Dirección del Viento.

La sub-ventana “Dirección del Viento” (ver Figura 85) tiene una gráfica muy particular, ésta tiene dos escalas, una a la izquierda y otra a la derecha, ambas indican lo mismo (dirección) solo que en unidades distintas; la una indica la dirección con los puntos

cardinales y la otra con grados. Aquí tampoco se muestra los valores máximos o mínimos, en su defecto se muestra la Dirección Predominante, que es aquella dirección donde sopla más veces el viento (tanto en grados como en puntos cardinales), la Frecuencia (en porcentaje para saber cuánto tiempo, de las horas transcurridas, estuvo el viento soplando en la dirección predominante) y, la Dirección Actual (o última dirección hacia donde estuvo soplando el viento).

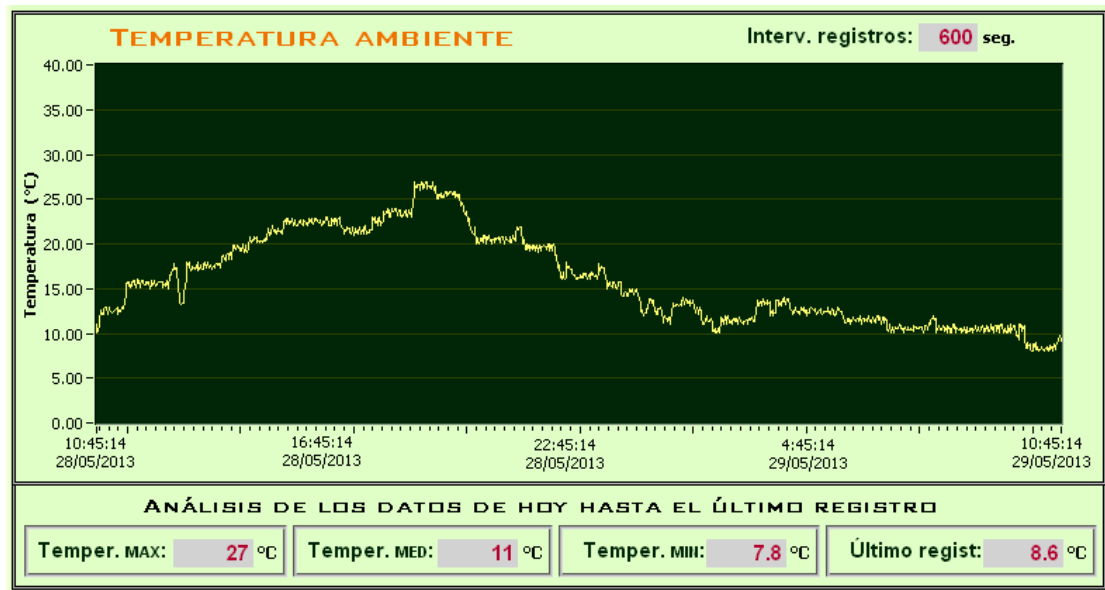


Figura 86. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Temperatura Ambiente.

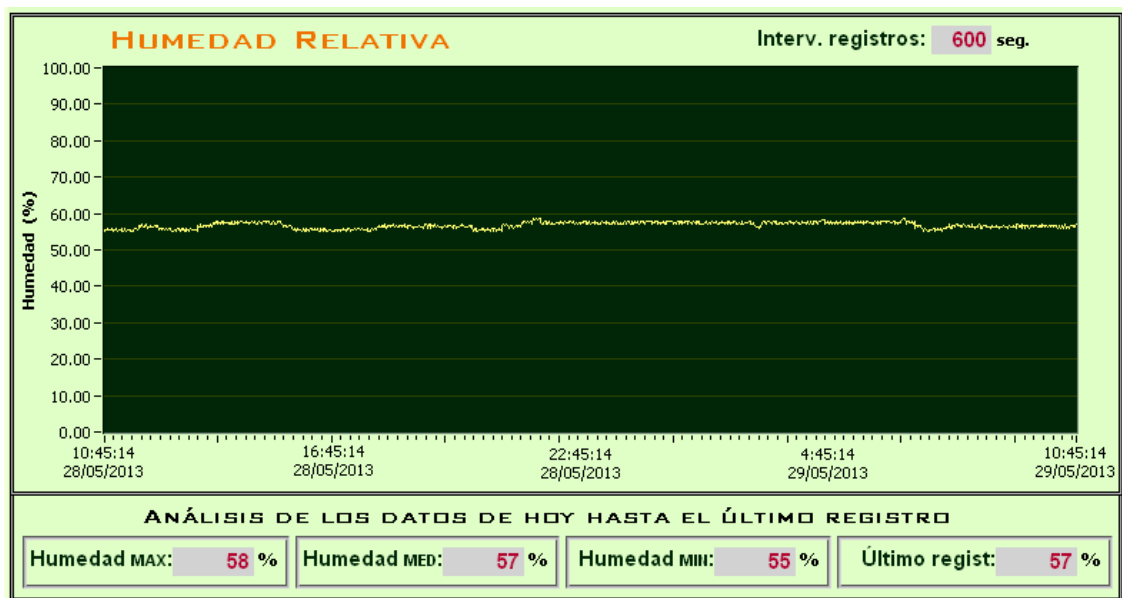


Figura 87. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Humedad Relativa.

En la gráfica 88 se puede observar la variable indirecta Punto de Rocío. Se llama variable indirecta, al igual que la variable Ráfaga de Viento, ya que no se las adquieren

directamente (a través de un sensor), sino que es calculada gracias a otras variables como son velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa. Estas variables son calculadas y proporcionadas por la Estación Meteorológica.

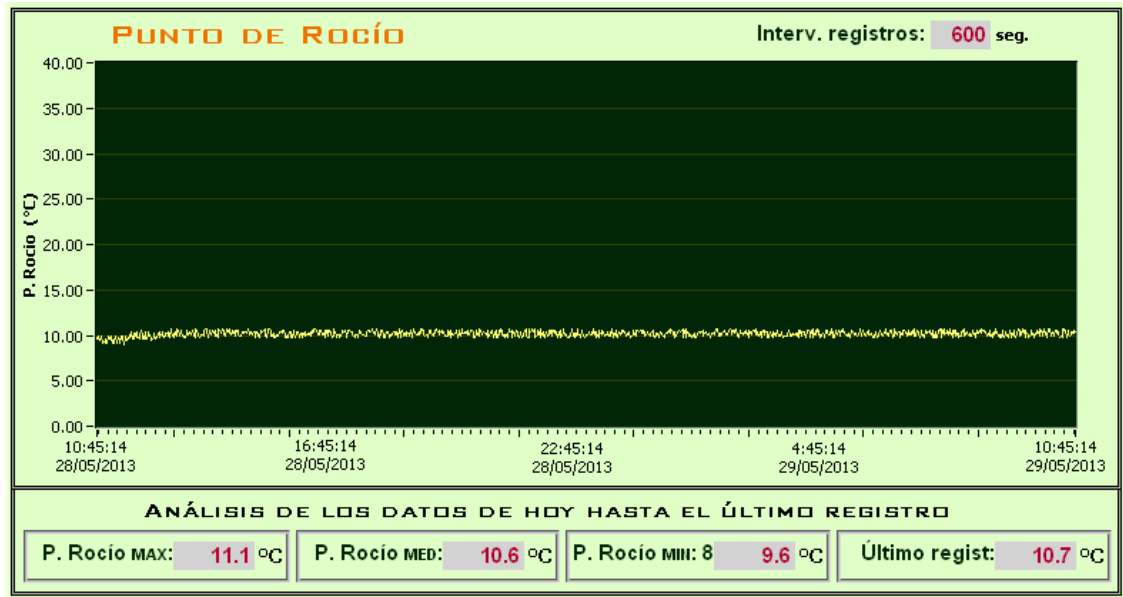


Figura 88. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Punto de Rocío.

En la Figura 89 se puede apreciar la variable Precipitación o comúnmente llamada Lluvia. Como se podrá ver, todos sus valores están en cero (0), esto es porque en las últimas 24 horas de monitoreo no ha llovido nada y no se debe interpretar como error.



Figura 89. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Precipitación (Lluvia).



#### f.4.2.15 LabCIER: Estación Meteorológica: Rosa de los Vientos.

En la figura 90 se puede apreciar la décima sub-ventana que es invocada desde la Ventana Secundaria: Estación Meteorológica. Se ha considerado tratarla en un inciso aparte ya que esta sub-ventana no solo muestra el comportamiento de una variable sino que es el análisis de muchas; además que éstas son generadas e interpretadas en el mismo LabCIER, requiriendo de un análisis estadístico más o menos complejo.

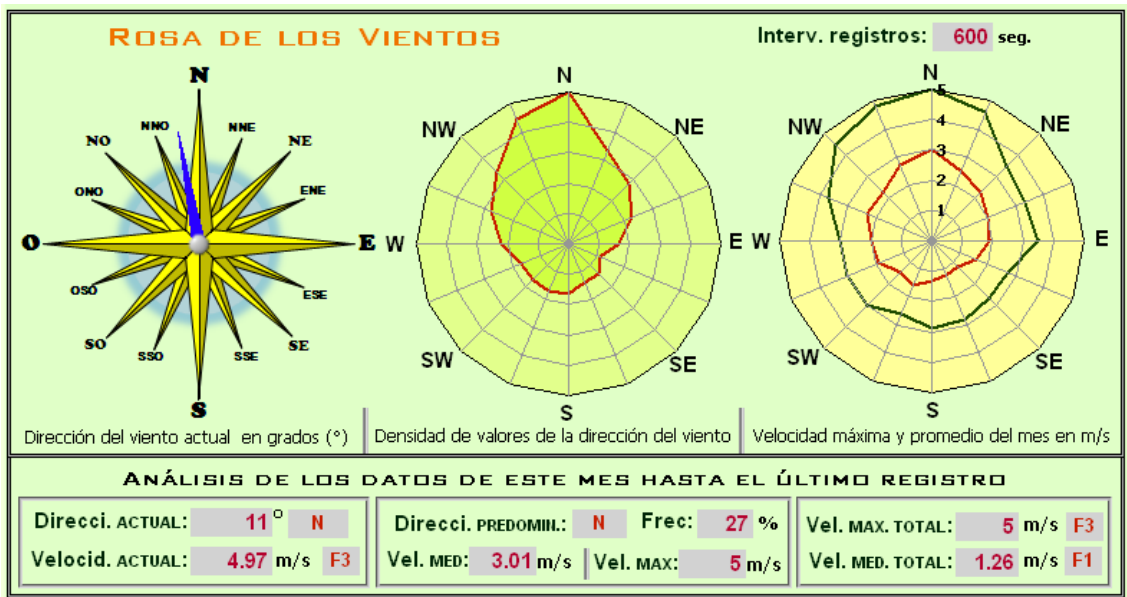


Figura 90. Sub-ventana de Estación Meteorológica: Rosa de los Vientos.

En la parte superior izquierda de la Figura 90 (Dirección del viento actual en grados) se puede apreciar la rosa de los vientos en su expresión más simple, que es mostrar la dirección del viento apuntando los puntos cardinales en vez del ángulo (en grados) desde donde sopla el viento.

La Estación Meteorológica proporciona la dirección del viento en grados. La posición de cero grados (0°) la indica o está referenciada por un tornillo en el sensor (veleta), el cual debe estar apuntando siempre al Norte (Norte=0°). Los grados incrementan cuando la veleta gira en el sentido contrario a las manecillas del reloj, ver **tabla 2**. Para poder mostrar la dirección del viento en un plano con puntos cardinales, se personalizó un indicador numérico tipo *Gauge*.

En la gráfica del centro (Densidad de valores de la dirección del viento) se puede apreciar en qué dirección ha soplado más veces el viento, sea con velocidades fuertes o

débiles, solo indica desde dónde sopla más frecuentemente el viento. Por ejemplo, en la gráfica se puede observar que el viento, en el transcurso del presente mes, ha sido o es más frecuente o recurrente desde el Norte.

Para saber dónde sopla más fuerte el viento existe la gráfica superior derecha (Velocidad máxima y promedio del mes), en esta gráfica, por el contrario, no se puede saber si donde sopla más fuerte el viento también lo hace con mayor frecuencia; por esa razón todas las gráficas se complementan (las últimas dos gráficas se actualizan en tiempo real con los registros generados el mes actual).

La gráfica de Velocidades muestra las velocidades máximas y promedios que ha tenido el viento en la misma dirección; por ejemplo, de todas las veces que ha soplado el viento en el Norte, la velocidad máxima que tuvo en un momento dado fue de aproximadamente 5 m/s, mientras que el promedio fue de aproximadamente 3 m/s.

En la parte inferior se colocó los indicadores numéricos, los cuales muestran: las direcciones (tanto en grados como con los puntos cardinales), las frecuencias (en porcentaje) y, las velocidades (en m/s).

A lado de cada indicador de velocidad se ha colocado un indicador que identifica el tipo de viento mostrado, en la escala de Beaufort, el cual da una mejor percepción de cuán fuerte es o ha sido el viento.

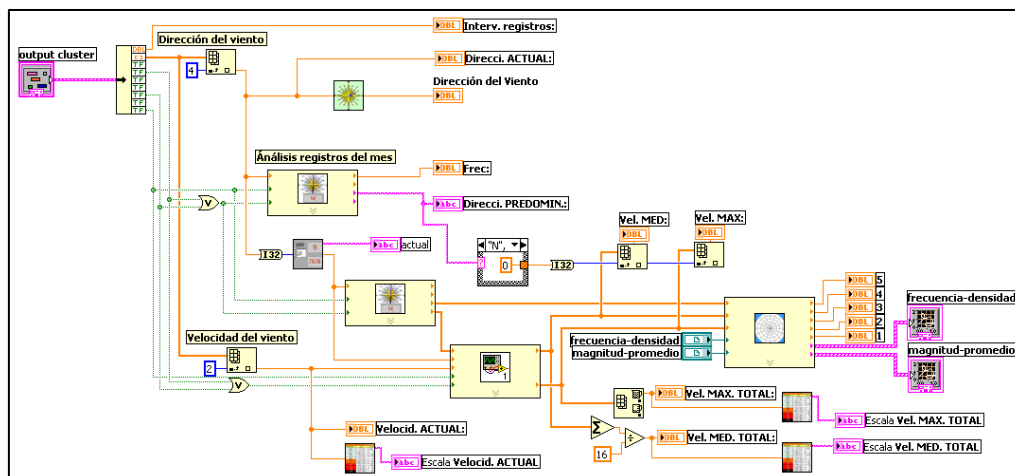


Figura 91. Diagrama de bloques del SubVI: Rosa.vi

En la Figura 91 se aprecia el diagrama de bloques de la sub-ventana “Rosa de los vientos” que es generada por el SubVI: “Rosa.vi”.

Para poder mostrar las direcciones con los puntos cardinales fue necesario convertir la dirección del viento, que es dada en grados, a puntos cardinales (que en éste caso son 16, ver Figura 1), para ello se creó el SubVI: “N-S-E-O.vi” (Ver Figura 92), que agrupa los grados en 16 grupos. En la gráfica se puede apreciar el rango de valores que contiene cada punto cardinal. Por ejemplo, El Norte abarca desde 349° a 359° y desde 0° a 11° (incluyéndolos). Los puntos principales contienen 23° y los secundarios 22 °.

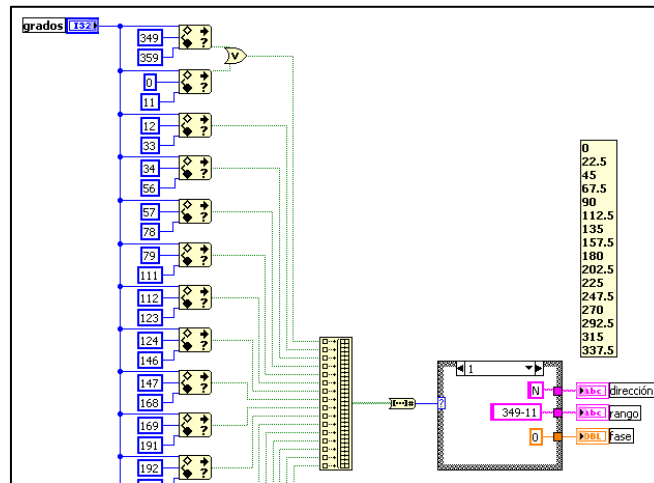


Figura 92. Diagrama de bloques del SubVI: N-S-E-O.vi

Para determinar la fuerza de la velocidad de viento, en la escala Beaufort (ver tabla 1), simplemente se comparan las constantes de la con la dirección en grados. Análogo al subVI “N-S-E-O.vi”, éste SubVI debe agrupar las velocidades en 13 grupos, desde F0 a F12, y compararlas para entregar en tipo de fuerza. Ver Figura 93.

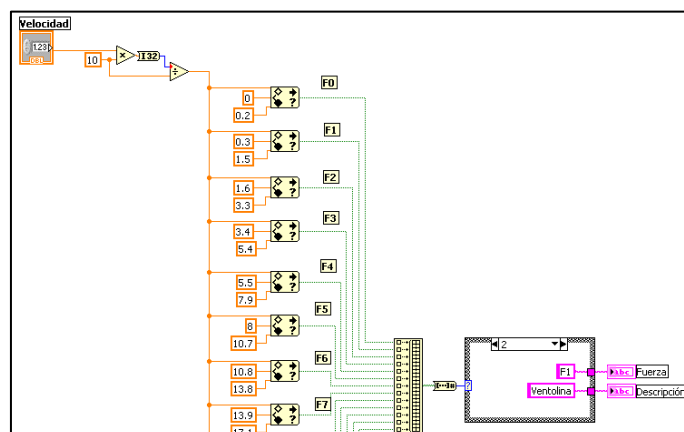


Figura 93. Diagrama de bloques del SubVI: Escala Beaufort.vi

Para graficar la densidad de valores de dirección y las velocidades máximas o medias del mes fue necesario crear plantillas o circunferencia base, sobre las cuales, graficar los

resultados del análisis estadístico de las variables de dirección y velocidad del viento. En la Figura 94 se observa el subVI: “Magnitud y frecuencia.vi”, el cual se encarga de graficar, teniendo como entradas el porcentaje de concurrencia de cada dirección, así como las magnitudes promedios y máximas de la velocidad, todas listas para ser graficadas en cada punto del plano de los puntos cardinales.

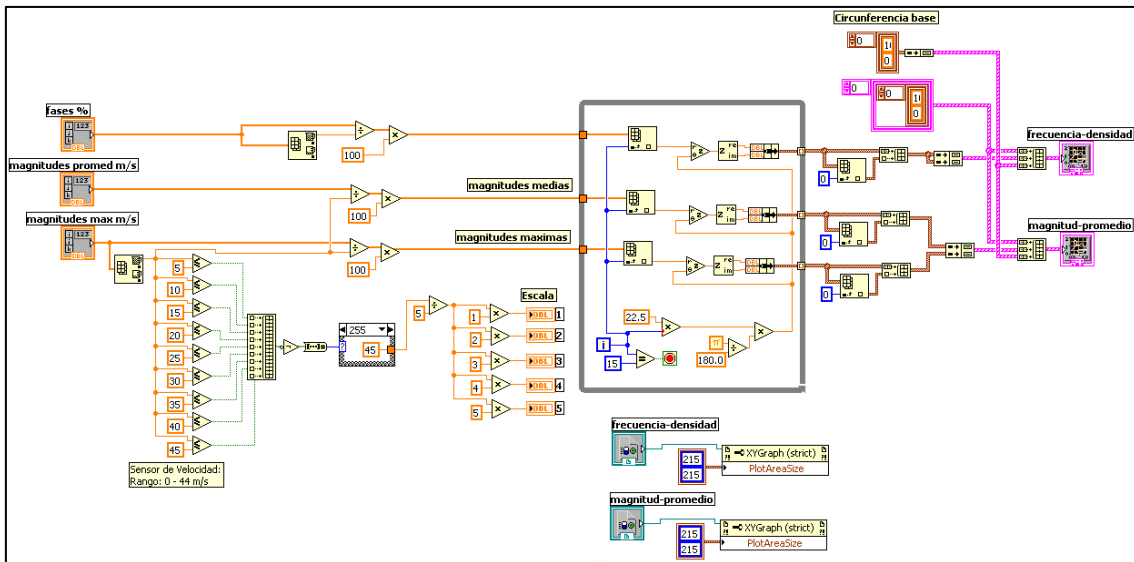


Figura 94. Diagrama de bloques del SubVI: Magnitud y frecuencia.vi

El subVI que proporciona los porcentajes de concurrencia de las direcciones en el plano cardinal es el “Promediante mensual.vi”, este subVI se encarga de indicar, en cada registro del *logger*, qué posición del plano cardinal ocupa la Veleta, para lo cual antes se convierte direcciones de grados a puntos cardinales. Este SubVI almacena, en una memoria temporal, el arreglo de datos con la concurrencia de las direcciones, misma que se va actualizando en cada registro del *Logger*. Ver Figura 95

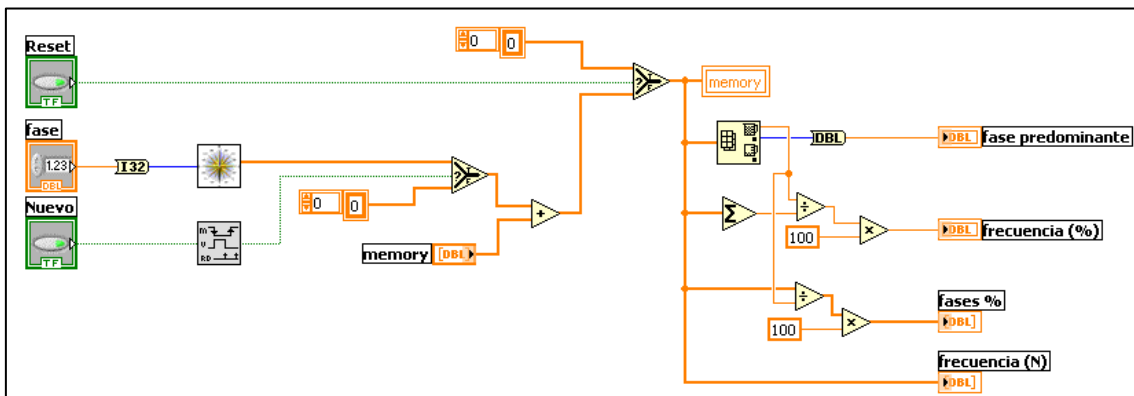


Figura 95. Diagrama de bloques del SubVI: Promediante mensual.vi

El subVI que proporciona las velocidades promediadas y máximas del mes actual, para graficarlas en el plano cardinal, es el “VIENTO promedio mensual.vi” (Ver Figura 96), este subVI se encarga de registrar las velocidades por cada dirección o punto cardinal con lo que, independientemente, se promedian y se saca la velocidad máxima de cada dirección, finalmente se convierte en un arreglo que puede ser graficado.

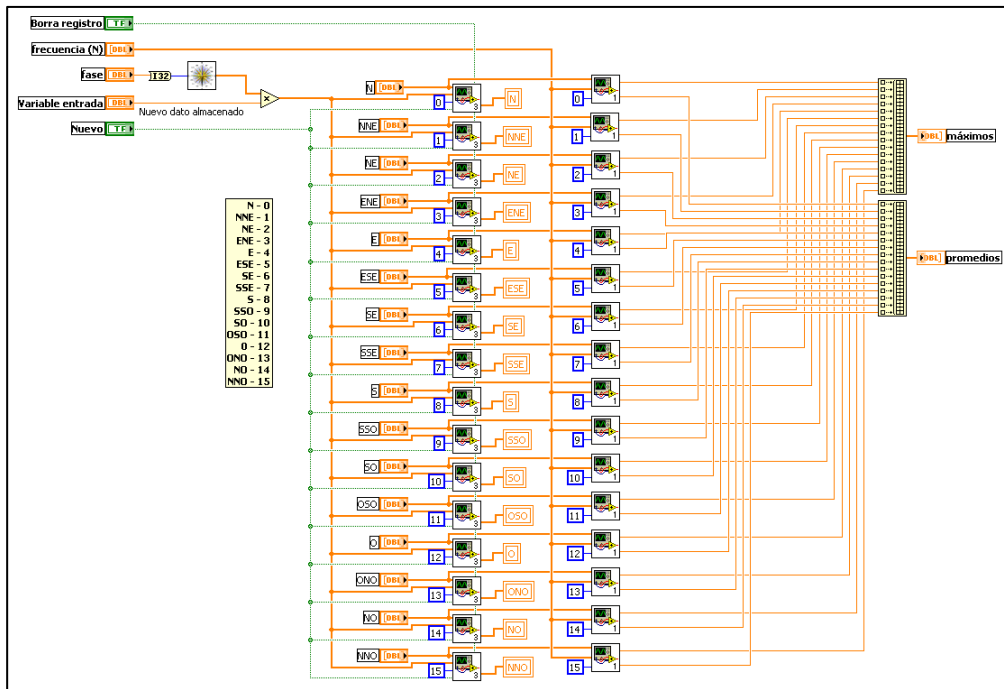


Figura 96. Diagrama de bloques del SubVI: VIENTO promedio mensual.vi

#### f.4.2.6 Descarga de Imágenes para la Web

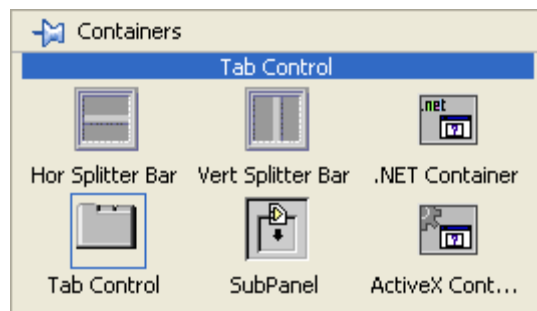
Todos los Vis o subVIs que cuentan con visualización de su panel frontal (Ver Imagen 41) pueden ser vistos, también, en la Web; por lo que fue necesario de idear una manera de poder compartir las pantallas de LabCIER.

Existen muchas maneras de lograrlo, una de ellas es la de publicación Web del Panel Frontal de LabVIEW pero, su principal inconveniente, es que existe limitación en cuanto al número de pantallas que se pueden compartir en la web, además que este método es muy lento y limitado a quienes tienen una velocidad de internet alta y tienen que acceder mediante solicitud al administrador. El método de publicación web tiene éstas desventajas debido a que no solo es para visualización sino también para control mediante la web; aunque es configurable, el código de seguridad lo convierte en un método lento y que, afortunadamente, sus funciones no son requeridas por LabCIER.

Dado que LabCIER es un sistema que permite solo la Visualización Web, y a fin de llegar a un mayor número de usuarios, el *Web Publishing Tool* de NI, fue descartado.

El método usado es el de mostrar las Pantallas del Sistema en la Web como imágenes estáticas, las cuales se fueran actualizando a una velocidad prudencial que dieran la impresión de estar animadas y mostrando los resultados en tiempo real. Este método se explica de mejor manera en el Inciso **f.6.2**.

La obtención las imágenes de las pantallas de LabCIER se hicieron a través de “*tab control*”, estos indicadores, además servir para invocar sub-ventanas, se los puede usar para capturar imágenes de su contenido. La ventaja de hacerlo a través de éste método es que se obtiene una imagen precisa de los controles, indicadores, o cualquier información que se quiera mostrar y, se lo puede hacer de forma selectiva pues solo lo que se encuentre dentro del *tab control* es lo que saldrá en la imagen. Ver Figura 97



**Figura 97.** Paleta de Controles: Containers/Tab Control

Para incluir las pantallas dentro del *tab control*, simplemente se arrastra el contenido del panel frontal (lo que se desee mostrar en la imagen) dentro del perímetro del mismo. Una vez dentro se ordena tal como se desee que vea el usuario, haciendo de cuenta que el *tab control* es una imagen de fondo (aunque se la puede volver invisible e ignorar que está ahí). En la figura 90 se puede apreciar la imagen que resulta de la captura de *tab control*, en este caso se lo ha puesto de color verde.

Dado que todas las pantallas que se pueden ver en LabCIER serán mostradas en la Web, lo que todos estos SubVIs secundarios tienen en común es el la captura del *tab control*, el cual se puede apreciar en cada uno de sus diagramas de bloques. En la figura 98 se puede apreciar el código gráfico utilizado para la captura de imagen del *tab control* de la pantalla “Generación Solar”.

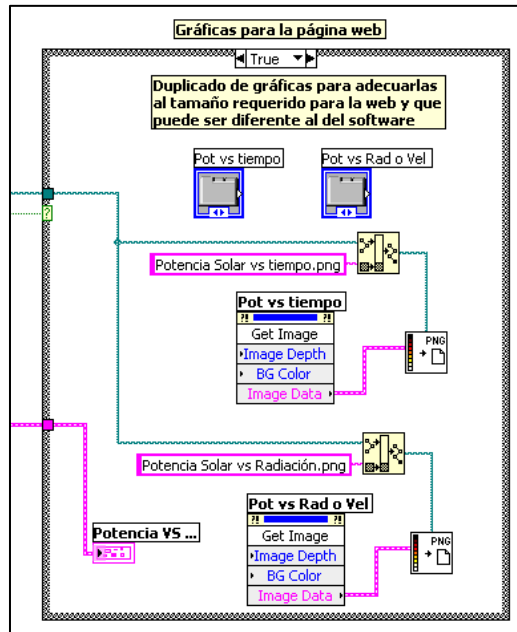


Figura 98. Captura de Pantalla del Tab Control

Como se puede observar en la figura 98, se captura la imagen del *tab control* por medio del “*Get Image*”, ésta se genera y exporta en formato .PNG a través del SubVI de LabVIEW: “*Write PNG File.vi*” el cual requiere de una dirección con nombre de la imagen a exportar y, que esté se encuentre encerrado en una estructura *CASE*, esto para hacer la captura de imagen periódicamente, y mantenerla actualizada.

El SubVI “*Write PNG File.vi*” se localiza en la Paleta de Funciones: *Graphics & Sound / Graphics Formats / Write PNG File.vi*. Ver Figura 99

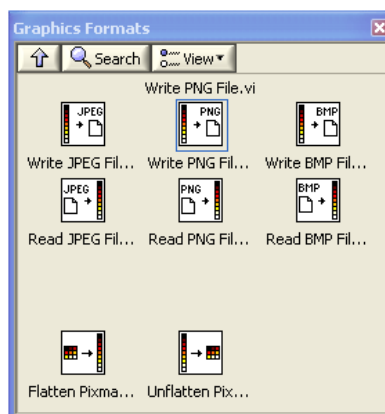


Figura 99. Paleta de Funciones: *Graphics Formats / Write PNG File.vi*

Para sacar la propiedad “*Get Image*” se da clic derecho sobre el *tab control*, en el diagrama de bloques, y se va a: *Create/Invoke Node/ Get Image*. Ver Figura 100

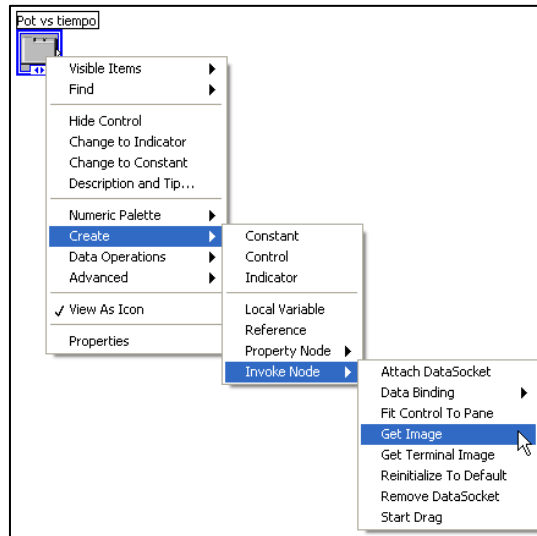


Figura 100. Captura de Imagen del Tab Control

La dirección donde guardar las imágenes para la web es definida por el administrador al iniciar LabCIER (Ver Figura 42). Esta dirección debe ser la misma donde se alojan las páginas web; en este caso la carpeta “htdocs” del servidor XAMPP, específicamente en: **C:\xampp\htdocs\labcier\software\images\graficas**.

#### f.4.2.7 Almacenamiento de variables en la Base de Datos.

Para el respaldo de las variables monitoreadas, LabCIER almacena las mismas en dos archivos o bases de datos. Un archivo contiene solo los registros de la estación meteorológica y otro todos los registros de LabCIER, incluyendo los del primer archivo.

Fecha (DD/MM Hora (HH:MM	Presión Barc	Radiación Sc	Velocidad de Ráfaga de v	Dirección de	Temperatura	Humedad Re	Punto de roc	Lluvia (mm)	Registro Repetido?	
09/04/2013 0:00:18	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	No
09/04/2013 0:00:28	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	No
09/04/2013 0:00:38	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	No
09/04/2013 0:00:48	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	No
09/04/2013 0:00:58	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	No

Figura 101. Base de datos: Registros HOBO - LabCIER.xls



Los archivos que almacenan las variables generadas por LabCIER son en formato .XLS (de EXCEL). Estos son: “Registros HOBO-LabCIER.xls” y “Mes-Año.xls”, este último guardado con copia de seguridad. Ver Figuras 101 y 102, respectivamente.

El archivo “Registros HOBO-LabCIER.xls” contiene todos los registros de la Estación Meteorológica generados hasta la última actualización del archivo .TXT (archivo generado por HOBOWare). En realidad, ambos archivos, tanto el XLS como el TXT, contienen la misma información, solo que el generado por LabCIER está mejor ordenado, es fácil de interpretar y sobre todo contiene información de los sensores y la ubicación geográfica de la estación. Este archivo no cambia de nombre y es generado por LabCIER para que sea descargado desde la web; por tal razón, LabCIER lo guarda en la misma ubicación de las imágenes para la Web.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Fecha (DD/MM Hora (HH:MM)	Presión Barc	Radiación Sc	Velocidad de	Ráfaga de vi	Dirección de	Temperatura	Humedad Re	Punto de roc	Lluvia (mm)	Registro Rep	Potencia Sol	Temperatura V	Paneles (V)	Paneles	
2	08/04/2013 23:44:18	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	0.00	NaN	NaN	
3	08/04/2013 23:44:28	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
4	08/04/2013 23:44:38	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
5	08/04/2013 23:44:48	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
6	08/04/2013 23:44:58	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
7	08/04/2013 23:45:08	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
8	08/04/2013 23:45:19	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
9	08/04/2013 23:45:29	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
10	08/04/2013 23:45:39	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
11	08/04/2013 23:45:49	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
12	08/04/2013 23:45:59	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
13	08/04/2013 23:46:09	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	1	1.36	NaN	NaN	NaN	
14	09/04/2013 0:00:18	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
15	09/04/2013 0:00:28	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	
16	09/04/2013 0:00:38	793.25	0.60	2.04	2.60	338.30	18.03	61.90	10.60	0.00	0	1.36	NaN	NaN	NaN	

Figura 102. Base de datos: Mes-Año.xls

El archivo “Mes-Año.xls” es una base de datos mensual. LabCIER genera un archivo nuevo por cada mes, el cual es nombrado por el mes (el mes cuando se realizaron los registros), seguido de un guion y el año actual, ejemplo “Junio-2013.xls”. Esta base de datos contiene todos los registros de la Estación Meteorológica más todas las variables analógicas adquiridas por las DAQs y las calculadas. En la **tabla 16** se puede observar todas las variables que se registran en esta base de datos.

**Tabla 16.** Nombre de las variables registradas en la base de datos: “Mes-Año.xls”.

1. Fecha (DD/MM/YYYY)	2. Hora (HH:MM:SS)	3. Presión Barométrica (mbar)
4. Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	5. Velocidad del viento (m/s)	6. Ráfaga de viento (m/s)
7. Dirección del viento (°)	8. Temperatura ambiente (°C)	9. Humedad Relativa (%)
10. Punto de rocío (°C)	11. Lluvia (mm)	12. Registro Repetido?
13. Potencia Solar incidente (W)	14. Temperatura Paneles (°C)	15. V Paneles (V)
16. I Paneles (A)	17. P Paneles (W)	18. Eficiencia Total Solar (%)
19. dW Paneles (kW.h)	20. Potencia Eólica incidente (W)	21. Densidad Aire (Kg/m <sup>3</sup> )
22. P Aerogenerador (W)	23. Eficiencia Total Eólica (%)	24. dW Aerogenerador (kW.h)
25. V Controlador (V)	26. I Controlador (A)	27. P Controlador (W)
28. Carga Batería (%)	29. Vrms C. Iluminación (V)	30. Irms C. Iluminación (A)
31. Cos(fi) Iluminación	32. Renovable/Convencional?	33. P C. Iluminación (W)
34. dW C. Iluminación (kW.h)	35. Vrms C. Tomacorrientes (V)	36. Irms C. Tomacorrientes (A)
37. Cos(fi) Tomacorrientes	38. P C. Tomacorrientes (W)	39. dW C. Tomacorrientes
40. Ahorro mensual (\$)	41. dCO <sub>2</sub> (gr. dióxido de carbono)	42. dSO <sub>2</sub> (gr. dióxido de azufre)
43. dNO (gr. óxido de nitrógeno)		

Fuente: Los Autores

La base de datos “Mes-Año.xls” se almacena dentro de una carpeta (nombrada con el año actual) en la dirección puesta por el Administrador al iniciar LabCIER (dirección donde alojar la base de dato. Ver Figura 42). Ya que esta base puede ser revisada por investigadores, que pueden alterar sus registros, LabCIER genera una copia de seguridad que se guarda en: **C:\Archivos de programa\base de datos LabCIER\Año**

**Nota:** La base de datos “Mes-Año.xls” no tiene opción a descarga desde la Web, en caso de necesitar sus registros, estos deben ser solicitados al Administrador de LabCIER

#### **f.4.3 Adquisición de Datos de las Variables Eléctricas.**

Se definió variables eléctricas no solo aquellas que representan una magnitud eléctrica (como voltaje o corriente) sino todas aquellas que se adquieren a través de las DAQs.

Las DAQs propuestas para éste proyecto son la NI DAQ 6008 dado que es muy versátil y, dado que se trata de una DAQ para estudiantes, resulta más económico adquirir 2 DAQ 6008 antes que otro modelo de DAQ con más puertos de entradas o salidas. Además que la UNL ya cuenta con estas tarjetas.

**Tabla 17.** Disposición de las Conexiones a las DAQs

Nombre Variable	Señal	I/O	Canal		DAQ	Sensor/Actuador
Corriente Panel	Analóg.	<i>In</i>	ai0	2	Dev1	Sensor de corriente
Voltaje Panel	Analóg.	<i>In</i>	ai4	3	Dev1	Divisor de voltaje
Corriente Controlador	Analóg.	<i>In</i>	ai1	5	Dev1	Sensor de corriente
Voltaje Controlador	Analóg.	<i>In</i>	ai5	6	Dev1	Divisor de voltaje
Corriente Iluminación	Analóg.	<i>In</i>	ai2	8	Dev1	Sensor de corriente
Voltaje Iluminación	Analóg.	<i>In</i>	ai6	9	Dev1	Transformador 110/6
Corriente Tomacorrien	Analóg.	<i>In</i>	ai3	11	Dev1	Sensor de corriente
Voltaje Tomacorrien	Analóg.	<i>In</i>	ai7	12	Dev1	Transformador 110/6
Automático	Digital	<i>In</i>	P0.0	17	Dev1	CPG-In1
Manual	Digital	<i>In</i>	P0.1	18	Dev1	<u>Sin Conectar</u>
Generación Eólica (C)	Digital	<i>In</i>	P0.2	19	Dev1	CPG-In2
Generación Solar (C)	Digital	<i>In</i>	P0.3	20	Dev1	CPG-In3
Sobre voltaje (C)	Digital	<i>In</i>	P0.4	21	Dev1	CPG-In4
Bajo voltaje (C)	Digital	<i>In</i>	P0.5	22	Dev1	CPG-In5
Fusible roto (C)	Digital	<i>In</i>	P0.6	23	Dev1	CPG-In6
Carga PWM (C)	Digital	<i>In</i>	P0.7	24	Dev1	CPG-In7
Ilum. Renovable	Digital	<i>Out</i>	P1.0	25	Dev1	CPG-Out1
Ilum. Convencional	Digital	<i>Out</i>	P1.1	26	Dev1	CPG- Out 2
Tom. Convencional	Digital	<i>Out</i>	P1.2	27	Dev1	<u>Sin Conectar</u>
Alerta Corto o Descarga	Digital	<i>Out</i>	P1.3	28	Dev1	CPG- Out 4
Corriente <i>In</i> inversor	Analóg.	<i>In</i>	ai0	2	Dev2	Sensor de corriente
Temperatura Panel	Analóg.	<i>In</i>	ai4	3	Dev2	PT1000
Cargando (I)	Digital	<i>In</i>	P0.0	17	Dev2	CPG-In8
No cargando (I)	Digital	<i>In</i>	P0.1	18	Dev2	CPG-In9
Baterías descargadas (I)	Digital	<i>In</i>	P0.2	19	Dev2	CPG-In10
Baterías Cargadas (I)	Digital	<i>In</i>	P0.3	20	Dev2	CPG-In11
Baterías Sobrecargadas (I)	Digital	<i>In</i>	P0.4	21	Dev2	CPG-In12
Sobrecalentamiento (I)	Digital	<i>In</i>	P0.5	22	Dev2	CPG-In13
Polaridad Invertida (I)	Digital	<i>In</i>	P0.6	23	Dev2	CPG-In14

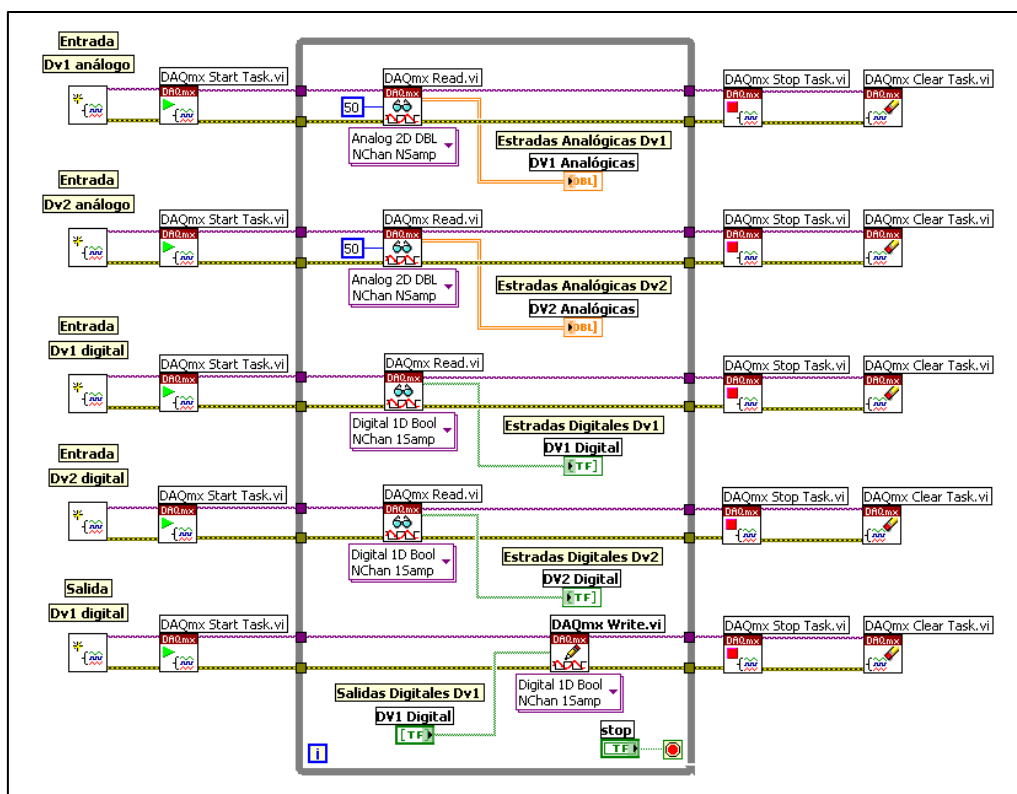
Fuente: Los Autores

**Nota:** En la tabla 17, “C” significa que es del Controlador e “I” que es del Inversor. Los datos de color verde corresponden a la DAQ1 y los de color rojo a la DAQ2. En los puertos digitales, CPG-In y GPG-Out son los Circuitos de Protección Galvánica de las entradas y salidas, respectivamente, de la DAQ (Ver incisos: f.5.3 y f.5.4).

Para hacer la adquisición, previamente se hizo un análisis de cuáles variables de debían monitorear, cuáles simular, y cómo hacerlo. Se decidió simular algunas variables (como el factor de potencia, por ejemplo) dado que se trata de un proyecto educativo y para reducir costos principalmente.

Las variables analógicas a adquirir con las DAQs son aquellas que se muestran en la figura 35. En la **tabla 17** se presenta un resumen de las variables que se van adquirir, además por medio de qué puerto de las DAQ se lo hará y qué instrumento se utilizará.

**Nota:** En esta tesis se ha propuesto conectar los sensores en **Modo Unipolar o de terminal común** (Ver Figura 8), es decir que se va conectar cada sensor o atenuador a cada canal analógico de las DAQ, de forma independiente. De esta manera se pueden conectar el doble de sensores que en modo diferencial.



**Figura 103.** Diagrama de bloques para la adquisición de datos con las DAQ.

Como se indicó en el inciso **f.4.2.2.2**, la potencia y energía del Aerogenerador No se determinó directamente, esto porque se trata de un Aerogenerador trifásico que tiene una frecuencia de la onda muy alta (incluso a bajas revoluciones) e inestable, lo que adquirirla implicaría, a parte de la dificultad propia de hacerlo, encarecer aún más el proyecto. Por esta razón se determinó la potencia de Aerogenerador por medio de un balance energético en el Controlador.

El código gráfico de programación utilizado para la adquisición de datos con las DAQs es el mostrado en la figura 103. La figura muestra el diagrama de bloques resumido ya que el real es el mostrado en la figura 51, y no se distingue la etapa de adquisición.

Como se puede observar en la figura 103, para hacer la adquisición de datos se lo hizo a través de cinco “Tareas” (5 tareas para ser exactos), esto es ventajoso pues ayuda a optimizar el uso de la memoria de la PC al evitar repetir procesos que son iguales.

En la Figura 103 se puede apreciar que por cada grupo de entradas o salidas de cada DAQ se hizo una tarea, de arriba abajo se tiene: **1.** Entradas analógicas Dv1, **2.** Entradas analógicas Dv2, **3.** Entradas digitales Dv1, **4.** Entradas digitales Dv2 y, **5.** Salidas digitales Dv1.

La tasa de muestreo que se ha puesto por cada canal de entradas analógicas (Ver figura 103) es de **50**, es decir, en cada interacción del programa la tarjeta entrega 50 muestras, las cuales posteriormente serán promediadas para obtener el valor final de la variable. Es importante poner un número de muestras por canal alto pues se puede tomar señales con ruido, que influye en el valor de la señal, y obtener un valor erróneo de la variable.

En la figura 103 se puede observar que para hacer la adquisición de datos por medio de las DAQs se lleva o se realiza, de forma secuencial y automática, los siguientes pasos: **1.** Configuración o definición de los canales de la DAQ, **2.** Inicialización de la DAQ, **3.** Lectura o escritura de los canales de la DAQ, **4.** Parar o detener la DAQ y, **5.** Borrara la configuración de los canales de la DAQ.

Para evitar repetir los pasos anteriores por cada variable, se realizó la Configuración o definición de los canales de la DAQ por medio de Tareas. Dentro de cada Tarea existe, por cada variable de entada o salida, un “canal virtual”. Ver Figuras 104-108.

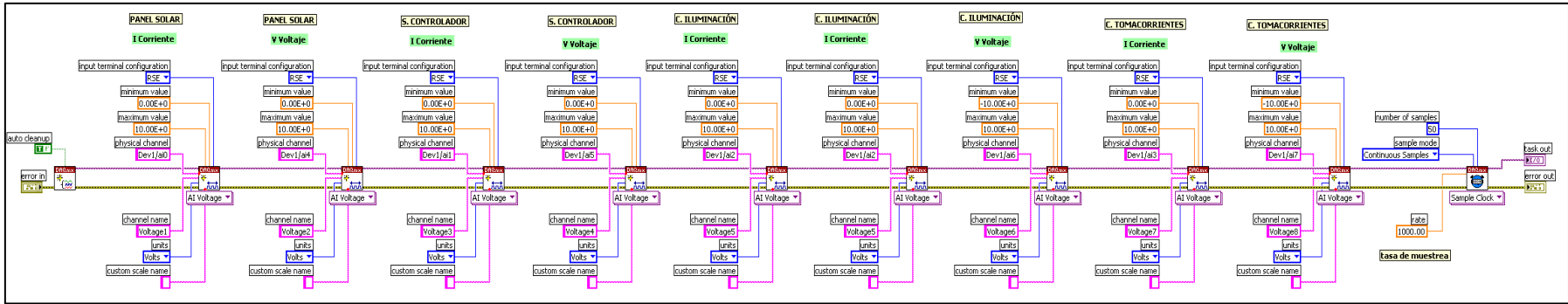


Figura 104. Diagrama de bloques Tarea 1. Entradas analógicas Dv1.vi

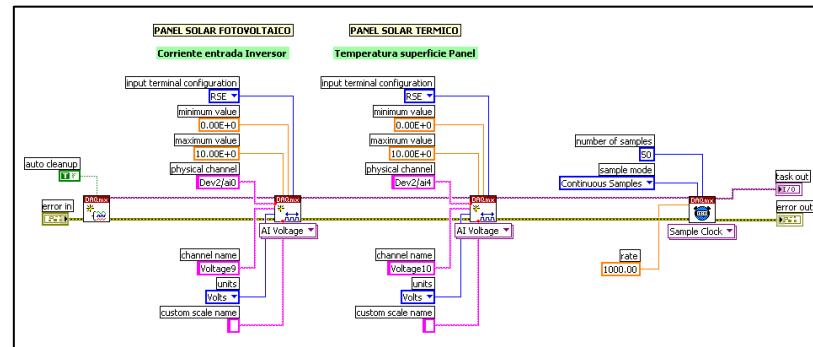


Figura 105. Diagrama de bloques Tarea 2. Entradas analógicas Dv2.vi

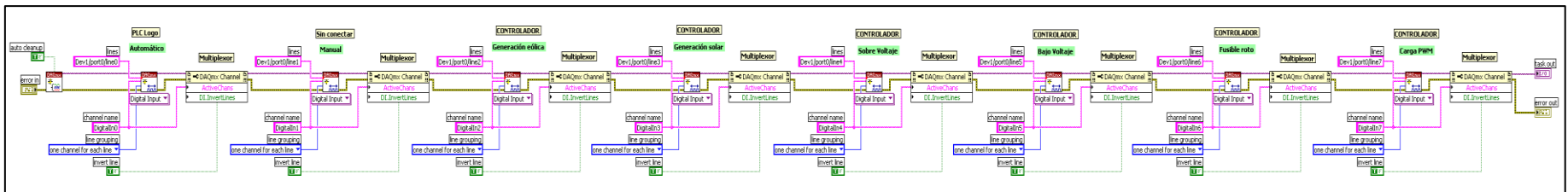


Figura 106. Diagrama de bloques Tarea 3. Entradas digitales Dv1.vi

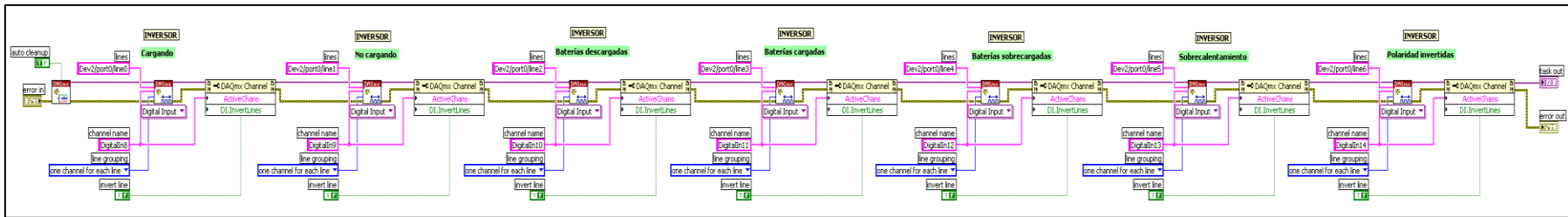


Figura 107. Diagrama de bloques Tarea 4. Entradas digitales Dv2.vi

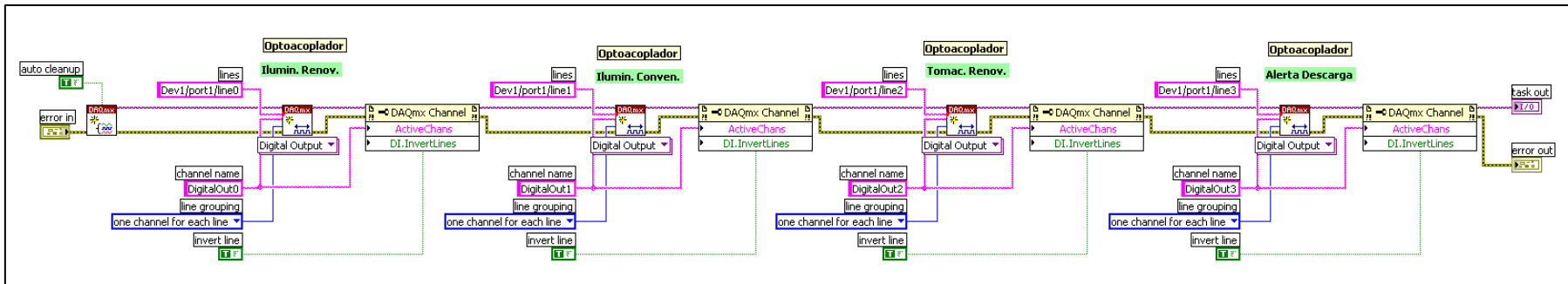


Figura 108. Diagrama de bloques Tarea 5. Salidas digitales Dv1.vi

#### f.4.3.1 Sensores y Atenuadores para la adquisición a través de las DAQs.

Tabla 18. Sensores y Atenuadores propuestos

Nombre	Sensor de Corriente AC/DC	Atenuador de Voltaje DC	Atenuador de Voltaje AC	Sensor de Temperatura
Tipo/Modelo	T201DCH SENECA (Anexo 2)	Mediante Resistencias	Transformador 110/6V	PT1000 TRITEC (Anexo 3)
Rango de Medida	$\pm 50$ A rms o $\pm 25$ A rms	0-24 VDC	$\pm 110$ VAC	-20 a +150 °C
Señal de Salida	0-10 VDC	0-6 VDC	$\pm 6$ VAC	0-10 VDC (Transmisor)
Cantidad	5	2	2	1

Fuente: Los Autores

### f.5 DISEÑO DEL HARDWARE Y ESQUEMAS DE CONEXIÓN.

El hardware comprende, tanto los circuitos de protección y acondicionamiento de señal, como los esquemas de conexión del mismo. A continuación se detalla cada uno.

#### f.5.1 Atenuador de señal para medir voltaje DC, de paneles y baterías.

Para medir el voltaje, tanto de los Paneles como de las Baterías (o lo que es lo mismo voltaje a la salida del controlador) es necesario, antes, acondicionar o reducir la señal pues ésta es mayor a la permitida por la DAQ. Para esto se hizo un circuito atenuador o divisor de voltaje a través de resistencias.

El atenuador debe reducir, porcentualmente, de 24VDC picos (12VDC son nominales) a 10VDC como máximo (que es el voltaje máximo permitido por la DAQ) aunque, por seguridad, el circuito diseñado entrega a la DAQ una señal pico de 6V. Ver Fig. 109

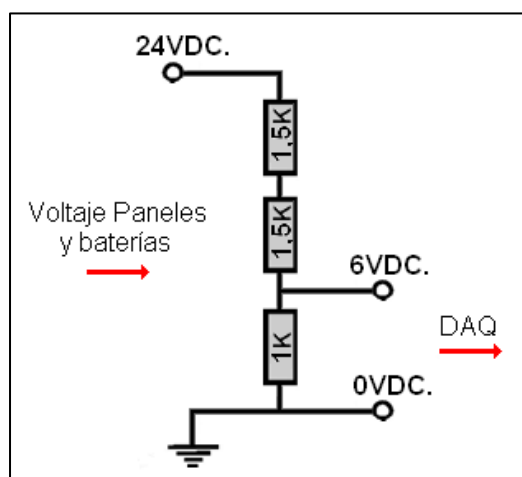


Figura 109. Atenuador de señal voltaje DC

Para determinar el valor de las resistencias primero se definió qué corriente circularía por las mismas, llegando a determinar que esta debe ser menor a la requerida para encender un led (15mA), esto con la finalidad de que su consumo se mínimo. Aplicando la ecuación  $R=V/I$ , y tomando la corriente de 15mA, se determinó que la resistencia total es de  $1600\Omega$ . Por seguridad, y redondeando a resistencias comerciales, se resolvió utilizar una resistencia de 1K y dos de 1,5K, dando un total de  $4K\Omega$  a un voltaje de 24V. La energía que consumiría el circuito es de 0,1037 kW.h al mes.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24V}{4000\Omega} = 0,6 \text{ mA}$$



$$P = VxI = (24V)x(0,006A) = 0,144 \text{ Watts}$$

$$1 \text{ día} = 24 \text{ horas} \Rightarrow 1 \text{ mes} = 30 \text{ días} = 720 \text{ horas}$$

$$W = Pxt = (0,144 \text{ Watts})x(720 \text{ h}) = 0,10368 \text{ kW.h}$$

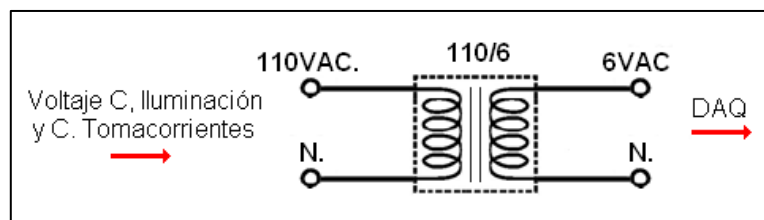
**Nota:** Las resistencias de este circuito deben ser de precisión (color azul) y de 1/4W.

### f.5.2 Atenuador de señal para medir voltaje AC, de los circuitos de la casa.

Para medir el voltaje de los circuito de la casa (tomacorriente e iluminación, ambos AC) es necesario, antes, acondicionar o reducir la señal pues ésta es mayor a la permitida por la DAQ. En este caso se propuso utilizar transformadores de voltaje ya que, como se trata de corriente AC, estos no distorsionan la forma de onda de la señal sino que simplemente reducen, proporcionalmente, su amplitud; esto pudo ser comprobado con la ayuda de un osciloscopio digital. Ver imagen 110



**Figura 110.** Medición de voltaje AC, antes y después del transformador, con osciloscopio.



**Figura 111.** Atenuador de señal voltaje AC

El transformador de voltaje debe tener una relación transformación de 110VAC (que es el nominal en la casa) a 6VAC (Que es un voltaje comercial y que puede soportar la DAQ). Ver Fig. 111. Para determinar si el voltaje de salida del transformador (6V) es el indicado, se debe aplicar la **ecuación 15** para calcular su Voltaje Máximo, que es el que mide la DAQ (6 V es lo que miden los voltímetros y corresponde al valor RMS).

$$V_{MAX} = V_{RMS} \times \sqrt{2}$$

$$V_{MAX} = (6) \times (\sqrt{2}) = 8,4853 \text{ V}$$

Como se puede apreciar, el voltaje pico de 6 VRMS es menor al admitido por la DAQ.

Idealmente, el transformador no consume energía, sin embargo este genera pérdidas por magnetismo tanto en vacío como con carga. Para determinar la potencia que consumiría el transformador es recomendable hacerlo de forma práctica (midiendo voltaje y corriente). Aquí no se presenta ninguna potencia dado que esta tesis solo es diseño y, el valor de la misma (potencia) cambia en función cuáles transformadores utilizar.

**Nota:** Mientras más pequeño sea el transformador, menor será su consumo; por ello se recomienda usar transformadores de bajo amperaje.

### f.5.3 Circuito de protección galvánica para entradas digitales DAQ.

Las entradas digitales corresponden a las señales led del controlador e inversor, por tanto, antes de diseñar el circuito de protección de las entradas de la DAQ, se debía conocer cuál es el voltaje que alimenta a los leds indicadores. Con la ayuda de un voltímetro digital se determinó que, tanto en el controlador como en el inversor, el voltaje entre el led y su resistencia limitadora es de 15V. Ver Figura 112.

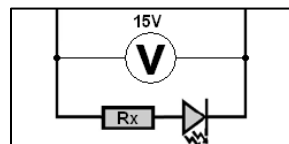


Figura 112. Nivel de tensión de indicadores led del controlador e inversor

El otro voltaje a saber es el que indica que el selector está en “estado automático”. Como las señales del selector llegan a un circuito denominado “Circuito de Control del Selector y Protección a la Conmutación” (Ver Figura 118), el que entrega la señal de Estado Automático es un relé, a través del contacto K1, que tiene una salida de 24VDC.

Conociendo ya los voltajes, se diseñó dos tipos de circuitos para las entradas a las DAQs, el primero es para las que provienen de las señales led, tanto del controlador como del inversor (Figura 113), y el segundo para la señal de automático (Figura 114). Lo único que diferencia el uno del otro es la resistencia que activa al optoacoplador.

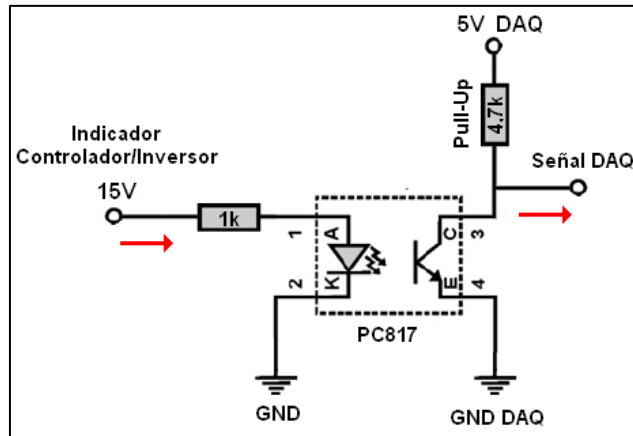


Figura 113. Circuito de protección galvánica de entrada CPG-In Indicadores led

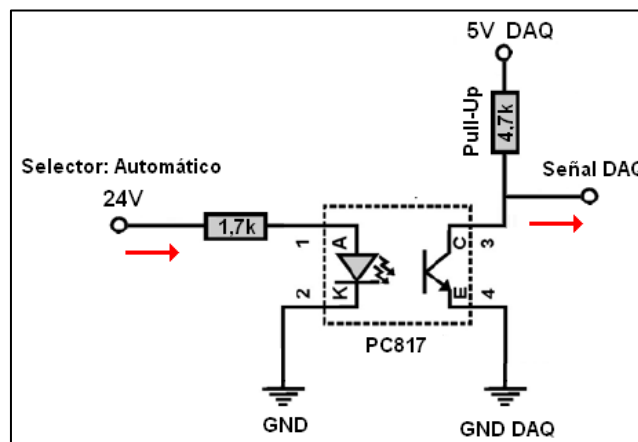


Figura 114. Circuito de protección galvánica de entrada CPG-In para Selector

La resistencia limitadora de corriente del optoacoplador se calcula como si se tratase de una resistencia de led. Tomando una corriente 15mA y voltajes de 15V y 24V, se tiene:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{15V}{0,015A} = 1000 \Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24V}{0,015A} = 1600 \Omega$$

El valor de la resistencia para las señales led es de 1000  $\Omega$  por lo que comercialmente se debe buscar una de 1k. El valor de la resistencia del selector es de 1600  $\Omega$  y comercialmente se debe buscar una de 1,7k.

En éstos circuitos el consumo de energía es intermitente, solo mientras reciben señales, por lo que no se podría realizar un cálculo preciso de cuánta energía consumirán mensualmente; sin embargo, sí se calculó su potencia

$$P = VxI = (15V)x(0,015A) = 0,225 \text{ Watts}$$

$$P = VxI = (24V)x(0,015A) = 0,36 \text{ Watts}$$

Aproximando, las resistencias de estos circuitos deben ser de 1/4W.

Dado que las entradas de la DAQ son de colector abierto (Necesitan un 1 lógico), en ambos circuitos se necesita una resistencia Pull-Up, el valor de ésta resistencia depende de cuántos pines de la DAQ sean usados pues ésta es la que determina cuánta corriente puede soportar cada pin. Por seguridad, si no se coloca resistencia pull-up, internamente la DAQ ya tiene una resistencia de 4,7k. Sin embargo, y siguiendo recomendaciones de personas versadas y con experiencia en este tipo de conexiones, se ha decidido usar una de igual ohmiaje (4,7k) para colocarle externamente (Ver Figura 113y 114).

Este circuito se lo denominó: Circuito de Protección Galvánica para entradas a la DAQ o simplemente “**CPG-In**”. En los planos (**Anexo 7**) se lo puede encontrar como una representación abreviada del mismo, igual al de la figura 115.

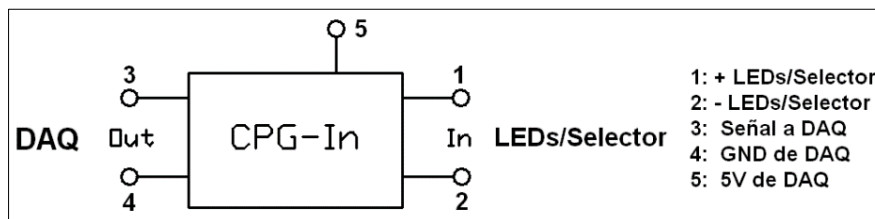


Figura 115. Representación abreviada del CPG-In

#### f.5.4 Circuito de protección galvánica para salidas digitales DAQ.

Las salidas de la DAQ son tres, dos controlan el tipo de energía que se debe suministrar a la casa y, una controla una señal de advertencia auditiva; sin embargo, indistintamente de qué controla la DAQ, antes se debe hacer un circuito de protección entre ella y su exterior (señal resultante); para ello se diseñó el circuito de la Figura 116, el cual, además de tener protección galvánica (con el optoacoplador), también tiene una pequeña etapa de potencia por medio de un relé, esto para conectar directamente la chicharra o sirena y, aislar el circuito de protección de la DAQ con el Circuito de Protección a la Conmutación de la figura 118.

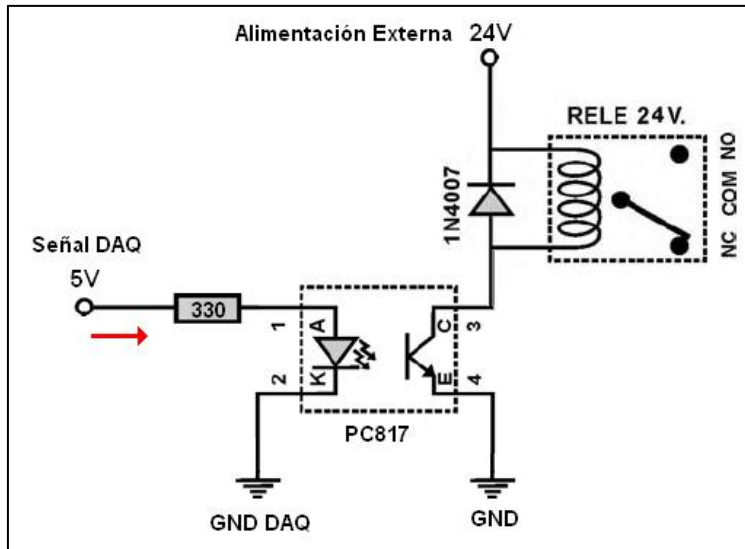


Figura 116. Circuito de protección galvánica para salidas CPG-Out

Revisando las características de la DAQ (Ver Figura 9), se encontró que el voltaje que ésta proporciona, en los puertos digitales, es 5 VDC; por tanto, la resistencia limitadora de corriente del optoacoplador del nuevo CPG (Figura 116) es:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{0,015A} = 333,333 \Omega$$

Comercialmente se puede encontrar resistencias de 330Ω y de 1/4W.

En éste circuito, al igual que en el CPG-In, el consumo de energía es intermitente, por lo que no se el cálculo del consumo energético mensual, pero sí se calculó su potencia:

$$P = V \times I = (5V) \times (0,015A) = 0,075 \text{ Watts}$$

Análogo al CPG-In, este circuito se lo denominó: Circuito de Protección Galvánica para Salidas de la DAQ o simplemente “CPG-Out”. En los planos (Anexo 7) se lo puede encontrar como una representación abreviada del mismo, igual al de la figura 117.

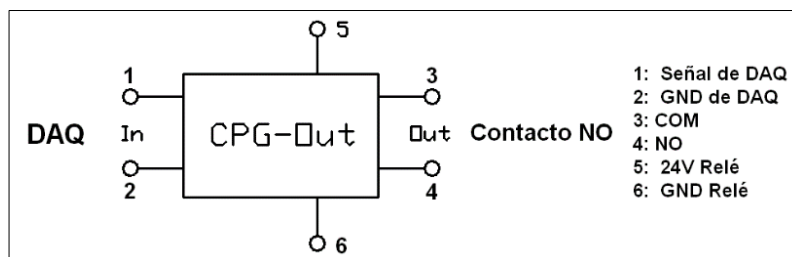


Figura 117. Representación abreviada del CPG-Out

### **f.5.5 Esquema de conexión del selector y circuito de conmutación.**

El Selector de Automático/Manual es un selector de tres posiciones: Automático, Paro, y Manual. En estado **Automático**, éste envía una señal a la PC para que, el circuito de iluminación de la casa, se alimente tanto de la energía renovable como de la convencional, el tipo de energía que se suministre lo decide LabCIER (en función de cuanta energía se ha almacenado en las baterías); en este estado, además, se garantiza que el circuito de tomacorrientes sea alimentado con energía convencional. En estado **Manual**, éste no envía ninguna señal a la PC y, tanto el circuito de iluminación como el de tomacorrientes, pasan a ser alimentados exclusivamente de energía convencional, esto en caso de mantenimiento del software o falla del sistema. En estado **Paro**, no se envía ninguna señal a la PC y tampoco se alimenta o suministra energía a ningún circuito y de ningún tipo, esto en caso de mantenimiento, tanto de software como de hardware, ya que se desenergizar todos los circuitos, incluso el de potencia.

Como se puede evidenciar, con la señal enviada a la PC, LabCIER solo sabe cuándo el selector está en Estado Automático. Esto fue diseñado así ya que la gestión energética de LabCIER solo se da en éste estado. En estado Manual, el suministro energético convencional se garantiza gracias a un esquema eléctrico (hardware) que fue diseñado para interconectar la energía y, principalmente, para protección a la conmutación.

El circuito de conmutación o de transferencia eléctrica CTE (**Anexo 7**) es necesario para evitar un cortocircuito en el caso de que entren en servicio, al mismo tiempo, por error humano o del sistema, los dos tipos de energía. Este circuito o diagrama se puede ver en la Figura 118.

Según el esquema de la figura 118, cuando el selector está en estado automático todos los contactos normalmente abiertos de K1 se cierran y los cerrados se abren; existe un contacto normalmente abierto de K1 que sirve para dar la señal de Estado Automático a la DAQ (Ver figura145). Otro contacto de K1, en cambio, activa la energía convencional del circuito de tomacorrientes (Convencional T.), el cual a su vez activa un contacto abierto K5 que habilita el circuito de conmutación entre la energía renovable y la convencional del circuito de iluminación (Renovable I. y Convencional I., respectivamente). S3 y S4 corresponden a los contactos abiertos de los CPG de salida

de la DAQ que indican cuando el circuito de iluminación debe ser alimentado de Energía Renovable o Convencional, respectivamente. En caso de que por error humano o del software se active tanto S3 como S4, es decir que indiquen que se debe activar tanto la Energía Renovable como la Convencional en el circuito de iluminación, el Circuito de Transferencia Eléctrica o Protección a la Conmutación solo deja entrar en funcionamiento la energía que primero se interconectó, inhabilitando la otra.

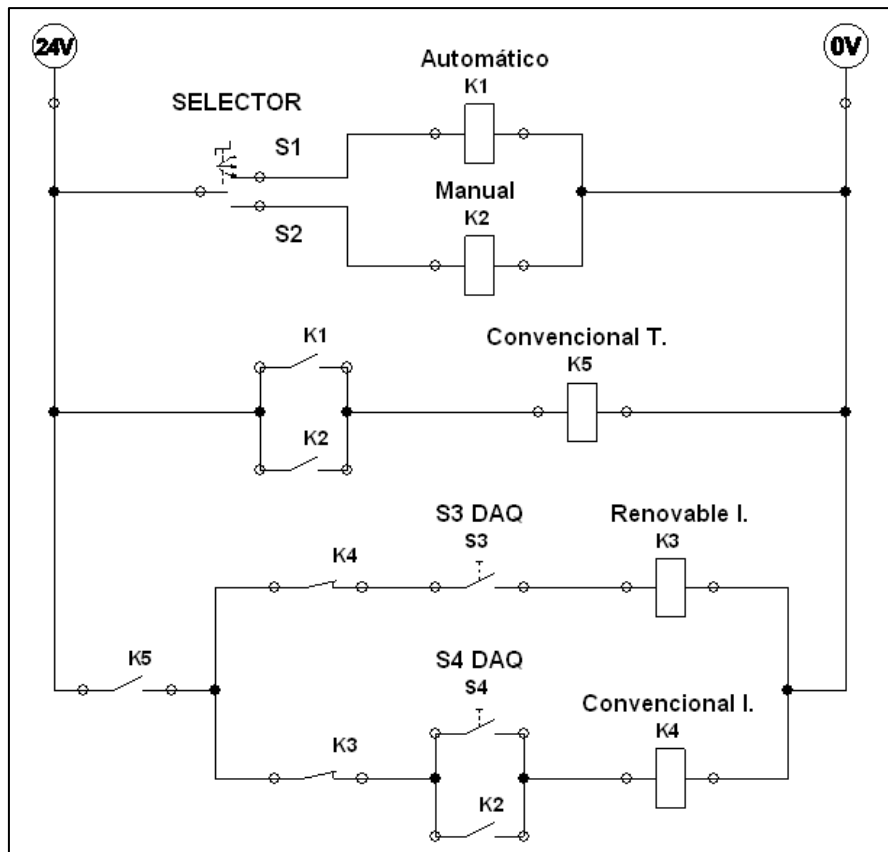


Figura 118. Circuito de Control del Selector y Protección a la Conmutación.

En caso que el selector esté en Estado Manual, se activa K2 que a su vez activa K5 que, además de alimentar el circuito de tomacorrientes de energía convencional, habilita el circuito de conmutación, el cual instantáneamente ordena que se interconecte el circuito de iluminación exclusivamente de la energía convencional.

## f.6 CREACIÓN DEL SITIO WEB.

Dado que LabCIER realiza la gestión energética de forma automatizada; en sus pantallas o ventanas principales no existen controles más que los que son para editar las constantes de trabajo de LabCIER, al iniciar el mismo; el resto de variables solo son tipo INDICADORES (por la supervisión). Por esta razón, el objetivo principal de las páginas web es simplemente permitir la VISUALIZACIÓN web de los resultados de LabCIER. Esto se logró a través de capturas de pantallas, periódicas, de las ventanas de LabCIER, mismas que son presentadas como imágenes dinámicas en las páginas web.

Todas las página web, incluyendo las que muestran las ventanas de LabCIER, fueron creadas con el *software* Artisteer 3.0, el cual permitió realizar diseños amigables y funcionales, sin necesidad de tener muchos conocimientos sobre programación html.

Como *Link* para la vinculación del sitio web de LabCIER a través de otras páginas, se creó una imagen animada tipo logo, como la de la figura 119, en formato .GIF, para que sea reconocido gráficamente y se ingrese a LabCIER desde otros sitios.



Figura 119. Logo animado de LabCIER.

Dado que no todas las páginas sirven para mostrar las ventanas de LabCIER, el sitio web se dividió en dos tipos de páginas, aquellas que contienen información general sobre el sitio (informativas) y, las que contienen las capturas de pantallas de LabCIER.

### f.6.1 Creación de las páginas web informativas.

Las páginas web informativas son aquellas que adentran por primera vez, al usuario, al sitio web. En ellas se puede encontrar información general sobre parámetros de diseño de LabCIER, ubicación geográfica del proyecto así como diagramas y fotos del mismo; además, números de contacto del administrador del sistema. Con estas consideraciones, las páginas web informativas desarrolladas son las siguientes:



1. **Inicio:** Esta es la primera página que aparece al vincular el sitio web de LabCIER desde otras páginas. Se trata de una página de bienvenida en la cual, además, se da a conocer a quiénes está dirigido LabCIER. Ver Figura 120.
2. **¿Qué es LabCIER?:** En esta página se explica lo que hace y muestra LabCIER, así como los registros que se pueden descargar desde este sitio. Ver Figura 121.
3. **Generalidades.-** En ésta página se hace una breve descripción del sistema de generación renovable, así como la ubicación geográfica del mismo y datos de placa de los instrumentos utilizados. Al final se puede observar el diagrama de bloques utilizado para hacer la adquisición de datos del sistema. Ver Figura 122.
4. **Descargas.-** Esta página es para colgar los documentos a compartir con los usuarios como: la base de datos de la estación Meteorología y bibliografía en general. Esta página queda como “Página en construcción” (Ver Figura 123) pues deciden de lo que se permite o no descargar (para proteger derechos de autor) son los administradores del Sitio Web.
5. **Contáctenos.-** Esta página es para colocar los teléfonos y/o correos del personal a cargo del CIERRE, específicamente de los administradores de LabCIER. Al igual que la página anterior, ésta página queda como “Página en construcción”.
6. **INGRESAR.-** Esta no es una página, a pesar de encontrar entre las que proporciona información general, no lo es, ya que simplemente es un Link que vincula la página principal de LabCIER, llamada **general.html**. Figura 126.



Figura 120. Página informativa de Inicio: Inicio.html



Figura 121. Página informativa: ¿Qué es LabCIER?



Figura 122. Página informativa: Generalidades



Figura 123. Página Informativa: Descargas

### f.6.2 Creación de las páginas web para visualización de LabCIER.

Para el diseño de las páginas web, que muestran las ventanas de LabCIER de forma dinámica, se ideó un método sencillo que permite la visualización de cualquier sistema de monitoreo o supervisión automatizado, a través de sus capturas de pantalla.

La visualización dinámica y en tiempo real de las ventanas de LabCIER a través de la web se lo logró colocando una página web dentro de otra, a la cual se le colocó una línea de código, en el encabezado o *head* de la página interna, en lenguaje *JAVA SCRIPT*, como se muestra en el recuadro rojo de la figura 124.

```
6 <head>
7
8 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
9 <title>Documento sin título</title>
10
11 <script language="javascript">
12 function redireccionar(){ window.location="Consumo Mensual.html"; }
13 setTimeout(redireccionar, 601000);
14 </script>
15
16 </head>
17
18 <body>
19
20 <center>
21 <p></p>
22 </center>
23
24 </body>
```

Figura 124. Código de la página web interna: Consumo mensual.html.

La página interna, lo único que debe contener es la imagen (captura de pantalla) que se quiere mostrar en la web, para ello se debe colocar, en el cuerpo o *body*, exclusivamente el código que se muestra dentro del recuadro verde de la figura 124 (solo debe cambiar el nombre de la imagen). La página resultante se vería como la de la figura 125.

**Nota:** La razón por la que se hace dos tipos de páginas (interna y externa) es porque la línea de código de *JAVA SCRIPT* manda a actualizar (redireccionándose a sí misma) toda la página, por lo que si se pone éste código en la página externa, este mandaría a actualizar imágenes o información que no cambian en el tiempo (innecesariamente), que lo único que harían es que se vuelva lenta la página y, posiblemente, a algunos usuarios no les permita ver nada pues se demoraría tanto en cargar que, antes de que termine de cargarse toda la página, el código le ordena que se cargue nuevamente. Para evitar actualizar información innecesariamente, las imágenes que sí se quiere que se actualicen se las coloca, por separado, en una página solo para la imagen. Figura 125

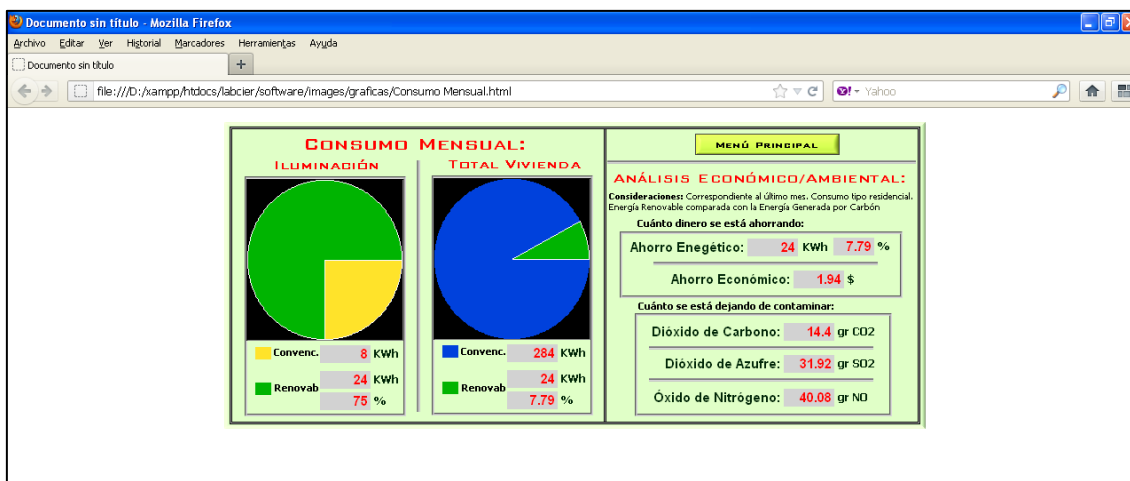


Figura 125. Página web interna: Consumo mensual.html.

Las páginas web internas, como la de la figura 125, no se muestran directamente sino que éstas se ven a través de las páginas externas, las cuales contienen una o dos páginas internas, más los gráficos e información estática o constante. En la figura 126 se puede apreciar la página web principal de LabCIER, la cual es una página externa que contiene dos páginas internas (por las dos imágenes que se actualizan periódicamente).

**Nota:** El tiempo que debe tardar en refrescarse o actualizarse las imágenes en la web depende del tiempo que tarda LabCIER en genera la imágenes; siendo necesario que los tiempos nunca sean iguales (generar y actualizar) ya que no se vería nada (según las pruebas realizadas solo sale una pantalla negra en vez de las imágenes). Por ello se ha creído conveniente que el tiempo de actualización en la web sea: el tiempo que tardan en generarse las imágenes más un segundo (1000 ms). En este caso, que se generan las imágenes cada 10 minutos o 600000 milisegundos (unidad en que se debe colocar en la línea de código), el tiempo a colocar para actualización de las imágenes web sería de 601000 ms, es decir, se ven 1 seg. después de generarse. Ver cuadro rojo de figura 124.

Debido a que las páginas web externas solo presentan “imágenes” de las ventanas de LabCIER, los menús de desplazamiento entre ventanas, de la aplicación de escritorio, no funcionan en la web; por tal razón, en cada página externa (o de visualización de las ventanas de LabCIER), se ha colocado un menú de desplazamiento entre ventanas o páginas. Las páginas que muestran las ventanas de LabCIER son:

1. **General.html:** Esta es la ventana principal de LabCIER, en la web aparece cuando se pulsa “INGRESAR” en el menú de las páginas informativas o, desde las páginas

de LabCIER mismo, al pulsar el botón “Menú Principal” (esquina inferior derecha). Como la idea es mostrar las ventanas de LabCIER (de aplicación de escritorio), ésta página contiene imágenes de la ventana principal de LabCIER. Ver Figura 126

2. **Generación\_eólica.html.**- Esta es una página que contiene imágenes de la ventana: Generación Eólica, de LabCIER. Ver Figura 127

3. **Generación\_solar.html.**- Esta es una página que contiene imágenes de la ventana: Generación Solar, de LabCIER. Ver Figura 128

4. **Consumo\_casa.html.**- Esta es una página que contiene imágenes de la ventana: Consumo Casa, de LabCIER. Ver Figura 129

5. **Estación\_meteorológica.html.**- Esta es una página que contiene imágenes de la ventana: Estación Meteorológica, de LabCIER. Al igual que su versión o aplicación de escritorio, en ésta página por defecto se muestran los resultados de la “Presión Barométrica” (Ver Figura 130). Esta página tiene dos menús, uno para desplazar entre las páginas principales y otro para desplazar entre las variables de la Estación Meteorología, igual como se presenta en la aplicación de Escritorio de LabCIER.

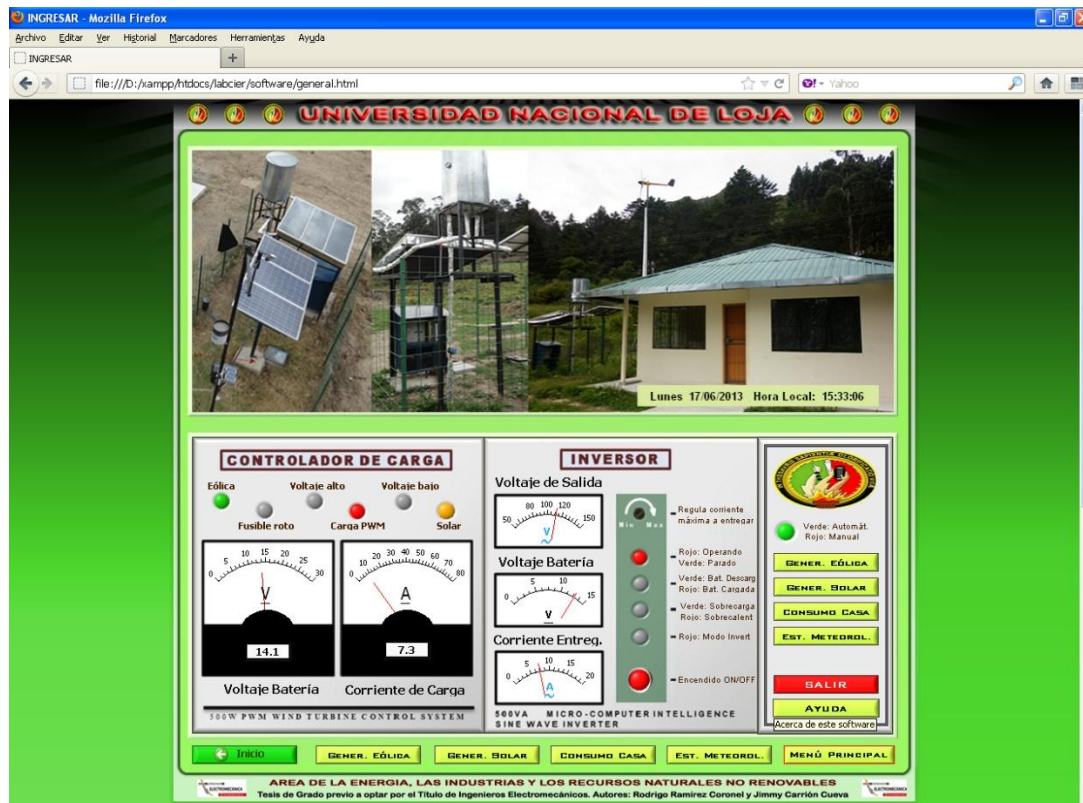


Figura 126. Página principal de LabCIER: general.html.



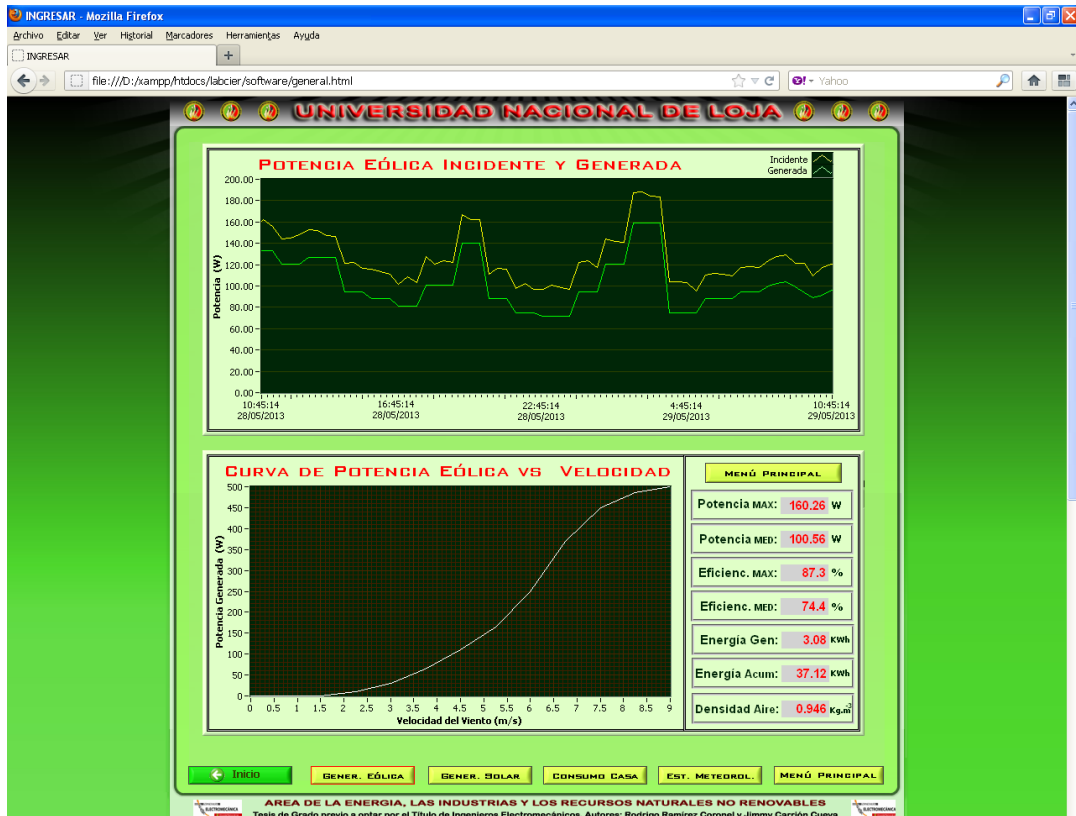


Figura 127. Página principal de LabCIER: generación\_eólica.html.

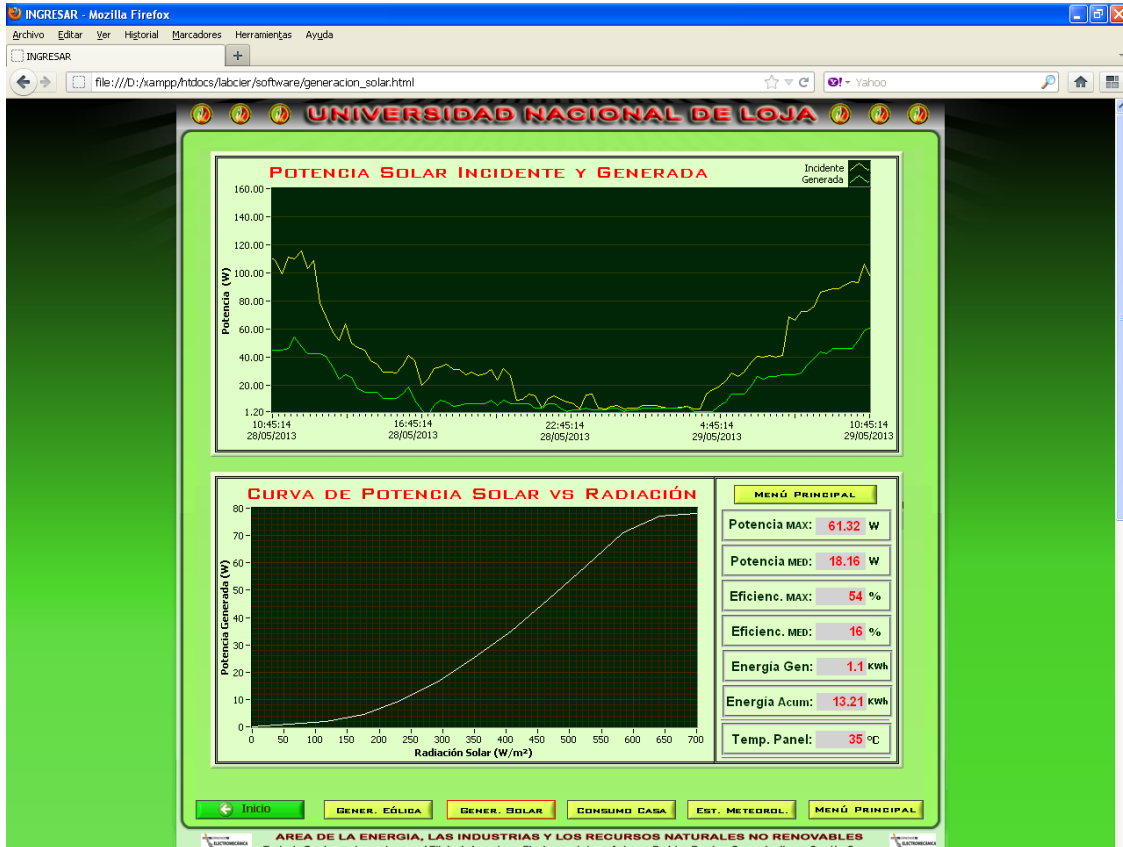


Figura 128. Página principal de LabCIER: generación\_solar.html.

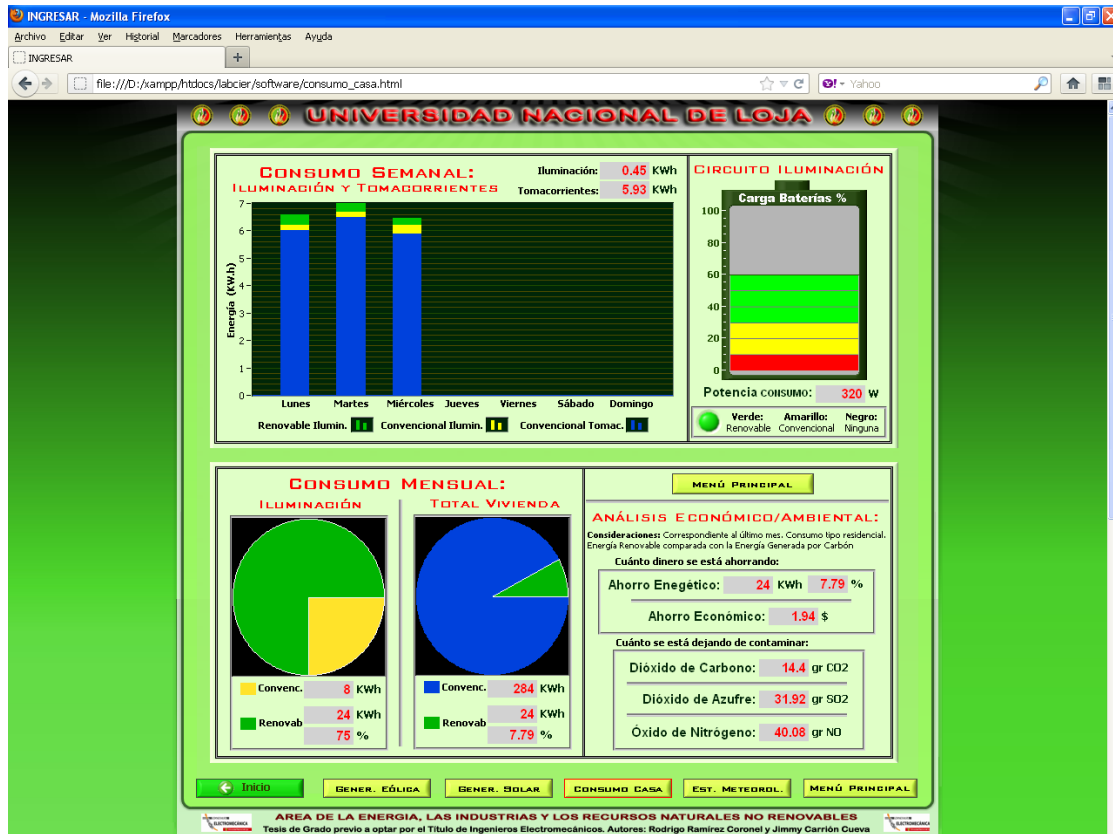


Figura 129. Página principal de LabCIER: consumo\_casa.html.

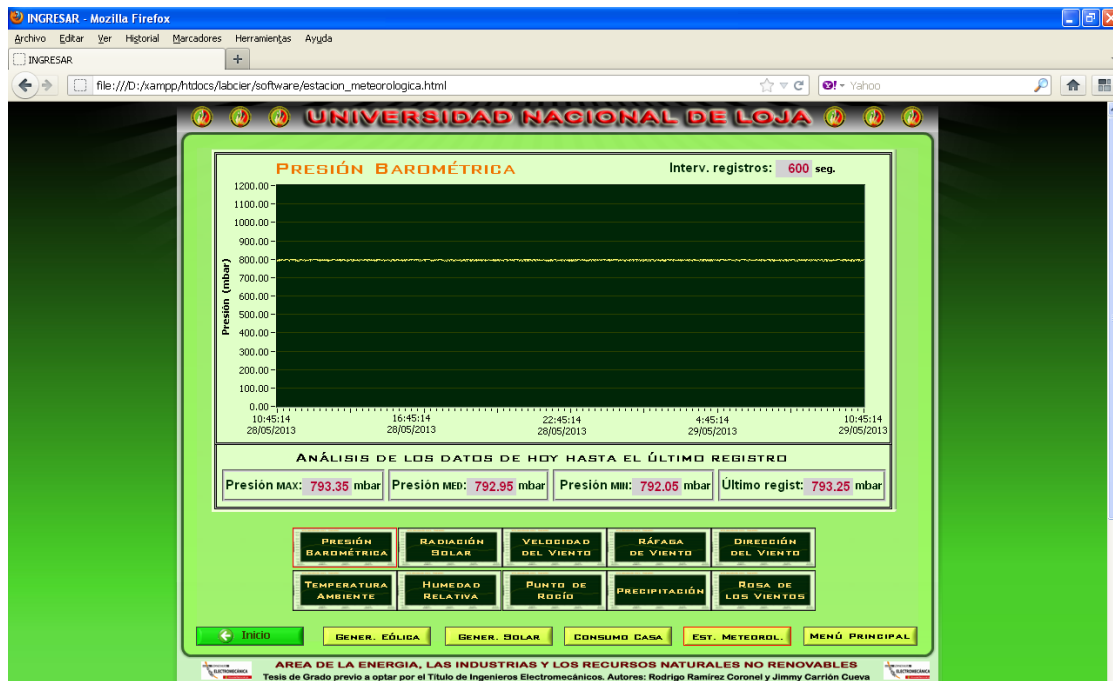


Figura 130. Página principal de LabCIER: estacion\_meteorologica.html.

El resto de páginas, de “Estación Meteorológica” son idénticas a las de su aplicación de escritorio. En la figura 131 se muestra la página correspondiente a la Rosa de los vientos

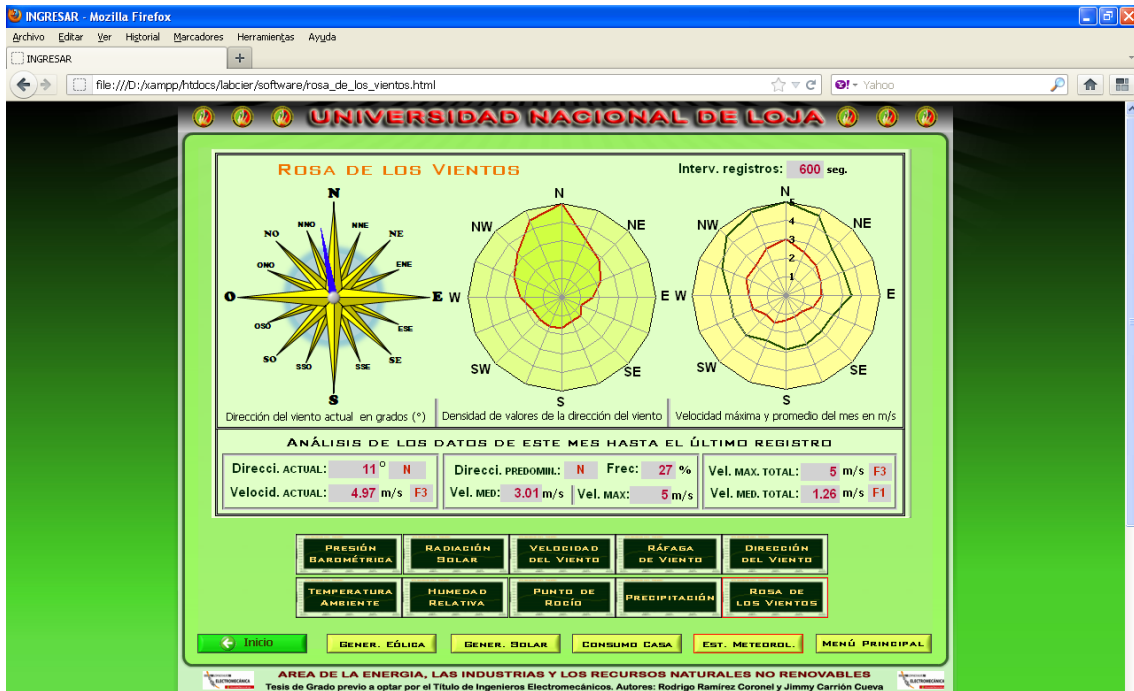


Figura 131. Página secundaria de LabCIER: rosa\_de\_los\_vientos.html.

### f.6.3 Alojamiento de las páginas web.

Todas las páginas web desarrolladas se encuentran en una carpeta llamada “labcier”, la cual se tiene que colocar en la dirección C:\xampp\htdocs (Ver figura 132). En caso de usar otro servidor web, se debe buscar la carpeta “htdocs” y, dentro de ésta se tiene que alojar las páginas (pegar toda la carpeta) para su publicación en la web.

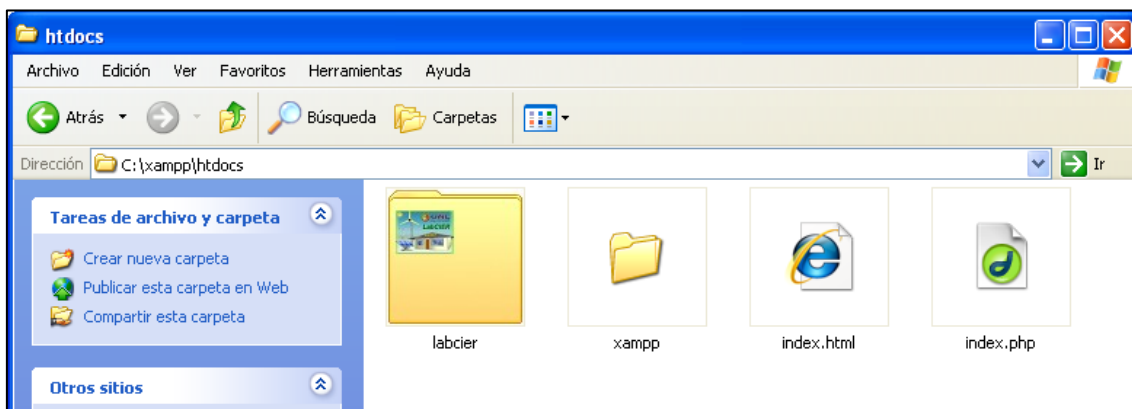


Figura 132. Dirección donde alojar las páginas web en el servidor.

Para que las páginas se puedan ver en la web a nivel global (fuera de la red local de la universidad), es necesario solicitar, a los administradores de los Servidores Web de la Universidad, una dirección IP fija que tenga salida a la red pública.



## **f.7 CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA.**

La obra civil y eléctrica plasmada en éste capítulo corresponde a una primera etapa de la implementación del presente proyecto. Esto se llevó a cabo debido a que la Universidad, al inicio del mismo, se comprometió en ayudar económicamente para que se entregue terminado (diseño e implementación) el proyecto, sin embargo, no se concretó la ayuda.

En el presente capítulo se detalla: la Readecuación y Reubicación de la Estación Meteorológica, Construcción de pozos de revisión e Instalación de tubería subterránea para el paso del cableado eléctrico y de comunicación.

### **f.7.1 Readecuación y Reubicación de la Estación Meteorológica.**

La estación meteorológica fue readecuada y reubicada por cuestiones de logística. Tal como estaba, a 17 metros desde los sistema de generación (paneles y aerogenerador), las variables que medía la Estación variaban con respecto a las que se medía directamente sobre los paneles y, sobre todo, cerca del aerogenerador. Esto era debido a muchos factores como: los sensores se encontraban muy cerca del suelo, los vientos que mayormente venían del Norte venían debilitados o turbulentos pues en esa dirección hay aulas que hacían una especie de barrera rompe vientos, y la distancia misma con los sistema de generación pues el entorno físico (aulas, árboles y superficie del suelo) cambia a pocos metros de distancia. Ver figura 133



**Figura 133.** Ubicación anterior de la Estación Meteorológica.

Como en este proyecto se pretendía determinar la eficiencia total de cada sistema de generación, comparando la potencia teórica de la real, se determinó colocar la Estación Meteorológica lo más cerpa posible a los paneles y el aerogenerador, a fin de monitorear las verdaderas condiciones atmosféricas a las que están sometidos los mismos. La distancia entre los sensores y los sistemas de generación debía ser tal que ni el entorno ni los mismos sistemas de generación perturben las variables a monitorear.

Con estas consideraciones, se procedió a readecuar y reubicar la Estación Meteorológica; para lo cual se cambió la altura de los sensores y la distancia con los sistemas de generación. Ver figura 134.



**Figura 134.** Ubicación Actual de la estación meteorológica

Como se puede observar en la figura 134. Se determinó que el mejor lugar para ubicar la Estación Meteorológica es entre los paneles y el aerogenerador. Se decidió colocar el piranómetro (sensor de radiación solar) a la misma altura del panel. En cuanto al anemómetro con la veleta (sensor de velocidad y dirección del viento) se consideró ubicarlos a una distancia de 7 metros con respecto al eje del aerogenerador (2 metros con respecto a la altura pico del techo de la casa autosustentable); esta distancia se determinó considerando los efectos de mismo aerogenerador y del techo que tapa los

vientos provenientes del Sur. Las distancias tomadas para colocar los sensores de la Estación fueron en base a criterios propios de los tesisistas ya que no se encontró bibliografía respecto a las distancias mínimas para ubicar las estaciones meteorológicas con respecto al eje del aerogenerador; existen normas estandarizadas para la ubicación de Estaciones Meteorológicas pero, las mismas, no se ajustan a los requerimientos específicos de este proyecto.

#### **f.7.1.1 Rediseño de la estructura metálica de la Estación Meteorológica.**

Antes de Reubicar la Estación se procedió a rediseñar su estructura metálica, para lo cual se tuvo primero que desmontar la Estación del lugar donde se encontraba, para ello se realizó un corte en la base de la estructura pues estaba empotrada en una base de concreto. Una vez desmontada, se la trasladó al taller donde se le realizó las respectivas modificaciones a la estructura.

En el taller, luego de desconectar todos los sensores y el registrador, se procedió a alargar la estructura soldando un tubo galvanizado de 2,5 metros y de igual diámetro al existente (Ver figura 135). Además, se alargó las derivaciones donde se colocan los sensores de velocidad y dirección del viento y de radiación solar.

Como se puede ver en la figura 134, la nueva estructura cuenta con una base agujereada para atornillar la Estación, facilitando así su montaje y desmontaje. Además, se le colocó una flecha, de color rojo, que apunta al Norte magnético.



**Figura 135.** Remodelación de la estructura metálica de la estación



### f.7.1.2 Montaje de la estación meteorológica

Antes de montar de la estación, se procedió a alistar el terreno donde se la colocaría, para lo cual se construyó una base de concreto reforzada con hierro, con tornillos salientes (varilla roscada) para sujetar la estación. Ver figura 136.



Figura 136. Construcción de la base para la estación meteorológica.

Antes de Colocar la estación se procedió a determinar la ubicación geográfica y el Norte Magnético que tendría la misma; esto con la ayuda del GPS ETREX y una brújula, respectivamente. Ver Figura 137

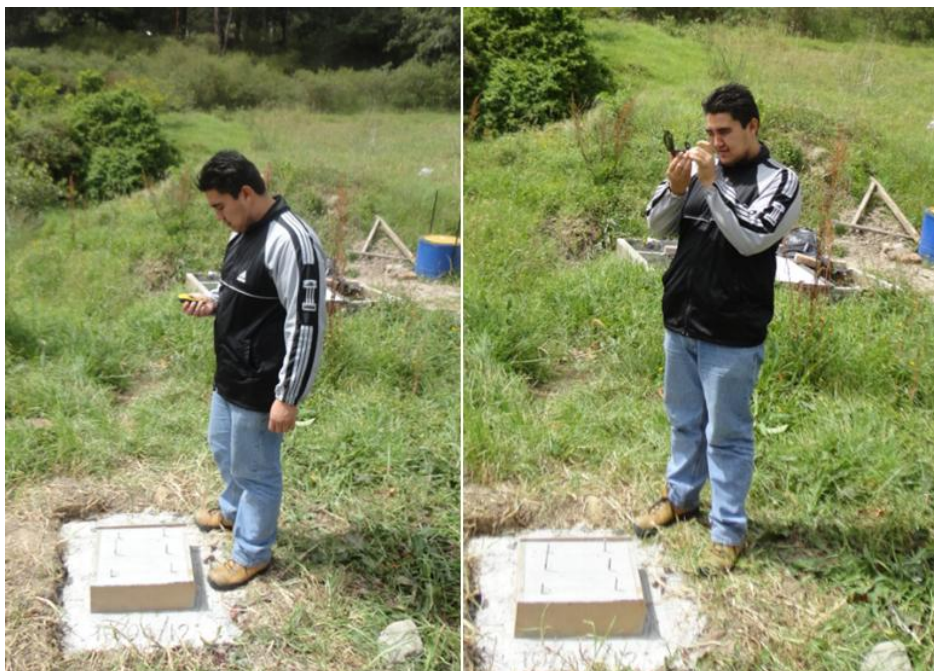


Figura 137. Determinación de la ubicación geográfica y Norte magnético.

Una vez construida la base de concreto y hecho los agujeros a la base de la Estación, se procedió a colocar la misma. Para ello primero se conectó los sensores en el *Logger* o registrador, tomando en cuenta la correcta posición de cada uno (Ver figura 22). Aquí se tuvo especial cuidado al conectar la Veleta pues ésta siempre debe estar referenciada con respecto al Norte, para ello cuenta con un pequeño tornillo que indica la posición 0° o Norte. En la figura 138 se ve el proceso de conexión de los sensores.



**Figura 138.** Conexión de los sensores de la Estación Meteorológica HOBO.

Una vez terminado de montar todos los sensores, se procedió a colocar la estación Meteorológica en la base con la ayuda de una plomada. Ver figura 139



**Figura 139.** Ubicación de la Estación Meteorológica HOBO U30 NRC.

### f.7.2 Ubicación de la tubería para el cableado eléctrico y de comunicación.

Debido a que parte de la tubería y cableado ya está colocado, lo que primero se hizo fue revisar por dónde pasa la tubería antigua y qué cables la atraviesan. Una vez que se supo por dónde pasan se procedió a levantar un diagrama con la tubería existente y aquella que se debía colocar. En la figura 140 se puede apreciar el diagrama de distribución de la tubería, tanto de la antigua como de la actual.

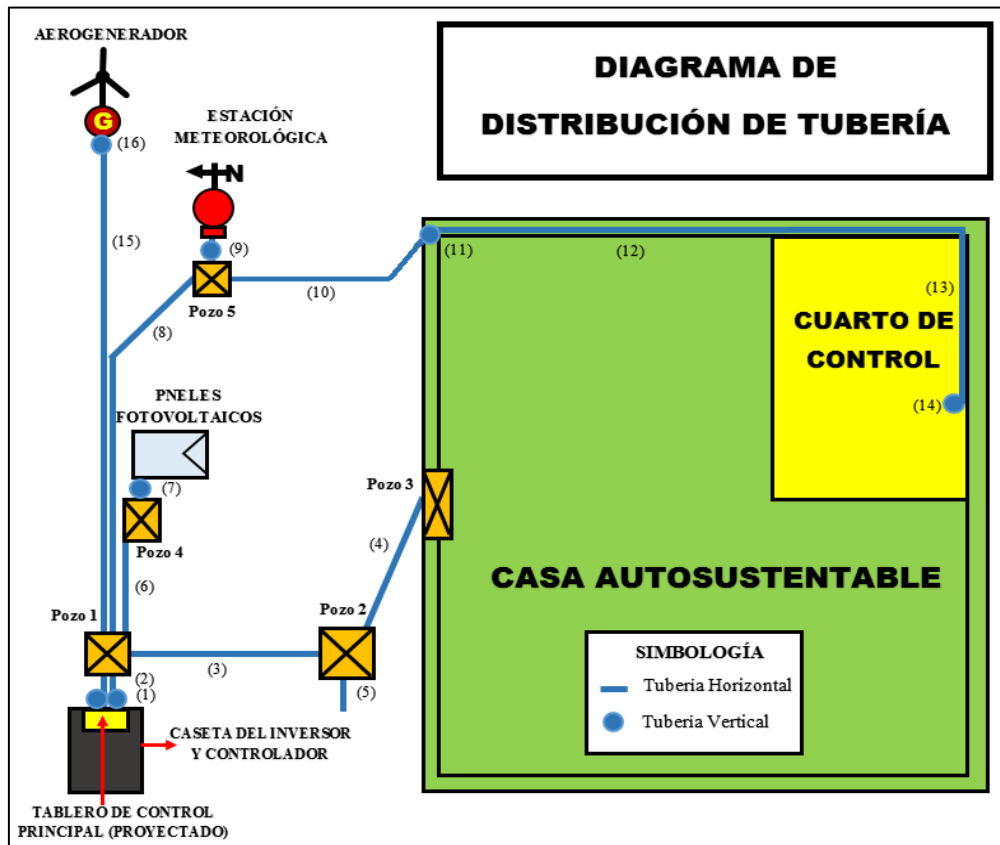


Figura 140. Diagrama de distribución de tubería.

#### f.7.2.1 Construcción de los pozos de revisión y ubicación de tubería.

Siguiendo el diagrama de la figura 140, se trazó con polvo de tiza todas las líneas donde se debía cavar, luego se procedió a cavar los pozos de revisión y las zanjas por donde pasaría la nueva tubería.

Una vez determinados los diámetros de la tubería, se procedió a su colocación y construcción de cada uno de los pozos de revisión. En este proceso también se utilizó codos de 45° y 90°. Todos los pozos se construyeron de concreto y sus tapas se las construyó de concreto reforzado con hierro. Ver Figura 141





**Figura 141.** Colocación de la tubería en las zanjas y construcción de pozos

#### **f.7.2.2 Selección de la tubería de conducción.**

Para la selección de la tubería se tomó en cuenta el número de conductores pasantes y su diámetro, tanto de los conductores existentes como de los proyectados. En la tabla 19 se puede ver los conductores pasantes junto a la tubería seleccionada.

**Tabla 19.** Conductores pasantes por las tuberías.

Número Tubería	Conductores pasantes		Diámetro de Tubería	Longitud de la Tubería
	Existentes	Proyectados o colocados		
(1)(2)	6	10	Galvanizado 2"	1.5m
(3)	7	-	PVC 1 ½"	4.5m
(4)	3	2	PVC 1 ½"	1.5m
(5)	2	-	PVC 1 ½"	desde el medidor
(6)	3	1	PVC 1 ½"	1.5m
(7)	2	1	Galvanizado 2"	1.9m
(8)	-	2	PVC 1 ½"	4.5m
(9)	-	1	PVC ½"	2m
(10)	-	3	PVC 1 ½"	3.8m
(11)	-	3	Tubo160x160mm	4.37m
(12)	-	3	Tubo160x160mm	7m
(13)	-	3	Canaleta40x25mm	2.5m
(14)	-	3	Canaleta40x25mm	1.9m
(15)	3	-	PVC 1"	7m
(16)	3	-	Galvanizado ½"	12m

**Fuente:** Los Autores

**Conductores que ingresan desde las tuberías hacia el tablero de control principal:**

**3** conductores 10 AWG correspondientes a cada fase del aerogenerador; estos se conducen a través de las tuberías y pozos: (16), (15), (pozo 1), (2) y (1)

**2** conductores 8 AWG correspondientes al positivo y negativo de los paneles fotovoltaicos, **1** conductor 8 AWG para conexión a Tierra y, **1** conductor de dos hilos 22 AWG para comunicación de la PT1000; estos se conducen a través de las tuberías y pozos: (7), (pozo 4), (6), (pozo 1), (2) y (1)

**2** conductores 10 AWG correspondientes a la fase y neutro de la energía convencional que llega desde el medidor; estos se conducen a través de las tuberías y pozos: (15), (pozo 2), (3), (pozo 1), (2) y (1)

**Conductores que salen desde el tablero de control principal hacia las tuberías:**

**2** conductores de comunicación UTP o Multipar de 12 pares correspondientes a cada Tarjeta de adquisición DAQ; estos se conducen a través de las tuberías y pozos: (14), (13), (12), (11), (10), (pozo 5), (8), (pozo 1), (2) y (1)

**4** conductores 10 AWG correspondientes a las fases y neutros de los circuitos de iluminación y tomacorrientes; estos se conducen a través de las tuberías y pozos: (pozo 3), (4), (pozo 2), (3), (pozo 1), (2) y (1)

**Conductores que no entran ni salen desde el tablero de control principal:**

**1** conductor de comunicación UTP o Multipar de 12 pares correspondiente a Estación Meteorológica HOBO; este se conduce a través de las tuberías y pozos: (9), (pozo 5), (10), (11), (12), (13) y (14)

**1** conductor 10 AWG correspondiente a la conexión a Tierra que se deriva o se empalma en el pozo 1 y va a la casa; este se conduce a través de las tuberías y pozos: (pozo 1), (3), (pozo 5), (4) y (pozo 3)



## **f.8 PRUEBAS DEL SISTEMA.**

A fin de garantizar la fiabilidad del Sistema propuesto, se procedió a probar el software desarrollado y el hardware sugerido; utilizando para ello técnicas o procedimientos empíricos y herramientas de simulación existentes en el mercado.

### **f.8.1 Pruebas de descarga de la Estación Meteorológica.**

En realidad, las pruebas de descarga de la estación meteorológica se realizaron varias veces, en el lapso de un mes, mientras se definía la metodología para hacerlo. Cuando ya se logró descargar los datos en tiempo real, se procedió a hacer pruebas de fiabilidad de descarga de los datos de la Estación para tiempos prolongados.

A fin de garantizar que con la metodología propuesta se realiza una descarga estable en el tiempo (pues el nuevo sistema exige descargar los datos todos los días de la semana), se consideró someter a prueba la metodología de descarga del archivo TXT de la Estación, por el lapso de 10 horas seguidas, sin parar. Para ello se tuvo que ir a la Universidad un fin de semana, y se empezó a hacer la descarga automática (Ver Figura 142) desde las 8:00 hasta las 18:00.



**Figura 142.** Pruebas de descarga de la Estación Meteorológica

Durante el proceso de prueba, que se lo prolongó por 10 horas seguidas, la descarga del archivo TXT de la Estación Meteorológica se lo realizó a intervalos de 5 segundos; a pesar del corto tiempo entre descargas, la metodología resultó muy buena pues se descargó todas las veces sin traer complicaciones en el proceso.

Otros días se siguió haciendo pruebas pero cambiando los tiempos entre registros, sin que presente problema alguno. Las pruebas siguientes fueron para redactar la metodología o procedimiento a seguir para la descarga automática del TXT, mismo que se encuentra en este informe de tesis.

### **f.8.2 Pruebas del Software LabCIER.**

Una de las ventajas que se tuvo al desarrollar el software en LabVIEW es que este tiene un depurador de errores automático el cual indica donde hay que corregir; además, LabVIEW permite crear el código del software por partes, por sub programas o comúnmente llamados subVIs. Esto resultó muy ventajoso ya que la depuración de errores se lo hizo independientemente, siendo más cómodo y fácil corregir los errores de conexión o comunicación del código gráfico de cada SubVI.

A pesar que la mayoría de fallas detectadas, en el desarrollo de los SubVIs, fueron por error de conexión o comunicación del código; hubieron veces en que, funcionando bien el programa, este no entregaba un resultado coherente; esto era debido a que el error se encontraba en el desarrollo mismo del código de programación, esto debido a una mala interpretación de ecuaciones o condiciones de control.

Para comprobar que los SubVIs entregaban resultados correctos, estos fueron probados uno por uno, al término de los mismos, ingresándoles valores de entrada con resultados conocidos. Para ello se realizó cálculos de forma manual en espera de que el programa o SubVI entregue el mismo resultado. En los casos en que un SubVI no daba resultados satisfactorios, se revisó su código de programación a fin de encontrar el error pues éstos no pueden ser detectados por el depurador automático.

Al final se probó el sistema de forma general ingresándoles variables simuladas; para ello se creó subVIs generadores de señales tanto analógicas como digitales, los cuales hacían las veces de las viables de entrada de las DAQs. Para el caso de los SubVIs que adquieren las variables de la Estación Meteorológica, la simulación fue actuando

directamente sobre el archivo TXT que genera la Estación, al cual se le cambiaba ascendente y consecutivamente el número de fila de los dos últimos registros, lo cual daba la apariencia de un nuevo registro se almacenaba en el TXT. Ver Figura 143

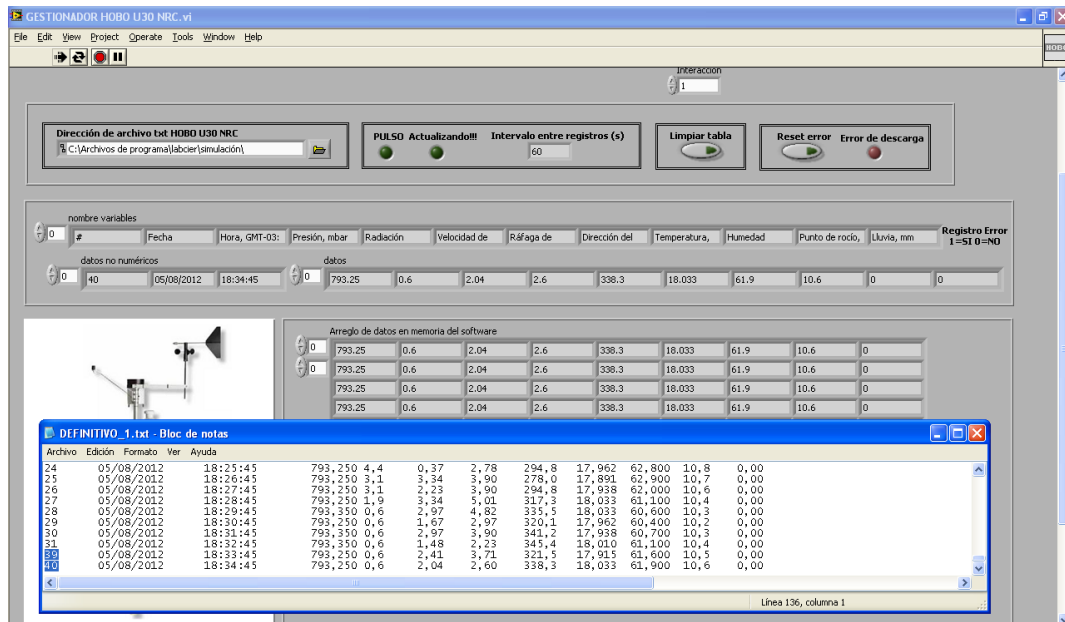


Figura 143. Simulación de la Estación Meteorológica para pruebas de SubVIS

La prueba práctica del sistema, haciendo ensayos de adquisición de datos con LabCIER, se lo realizó en el ISMM de Moa; ahí se armó una maqueta, con una UPS, que simulaba las condiciones de carga y descarga de las baterías del Kit de generación, en el cual se medía el voltaje DC con un divisor de voltaje hecho con resistencias de 1/4W y, el voltaje AC, con transformadores de voltaje 110/6V que se llevaron desde Ecuador. La corriente se midió con sensores que se contaba en el Laboratorio de Eléctrica del Instituto, a través de una tarjeta de adquisición de datos 6008, iguales instrumentos con que se propone hacer la adquisición de datos de este proyecto.

Nota: Las pruebas prácticas, en Cuba, se realizaron de forma independiente pues para esa fecha aún no se había terminado de desarrollar a LabCIER.

Una vez terminado LabCIER, ya en Ecuador, se probó su funcionalidad simulando independiente, a través de software, las entradas tanto analógicas como discretas de los diferentes subVIS. Lo que permitió comprobar que el software responde correctamente.

A pesar de que se probó la funcionalidad del software LabCIER, la prueba definitiva para validación del mismo se la debe hacer con todos los instrumentos de adquisición y

control (hardware), esto debido a que éste es un software para adquisición de datos propiamente o un sistema SCADA. Además, para la validación final, este software debe ser evaluado, estando ya en funcionamiento, por expertos en programación y en energías renovables.

Esto no quiere decir que las pruebas realizadas no garanticen su funcionalidad, sino que todo software de adquisición de datos debe ser evaluado en condiciones reales de funcionamiento, para emitir una certificación que ha sido probado y se autoriza su uso a nivel de la universidad o incluso para promocionarlo fuera de la misma. Esto último no se realizó por cuanto implicaba realizar pruebas con instrumentación que no se contaba y, sobre todo, no era objetivo de esta tesis.

### f.8.3 Pruebas de los circuitos de protección galvánica.

Los circuitos CPGin y CPGout propuestos ya fueron probados y construidos en proyectos anteriores por parte de los tesisistas, por lo que se garantiza su correcto funcionamiento. Para efectos de validación de los mismos, se los simuló en el software Proteus 7.10 (Ver figura 144).

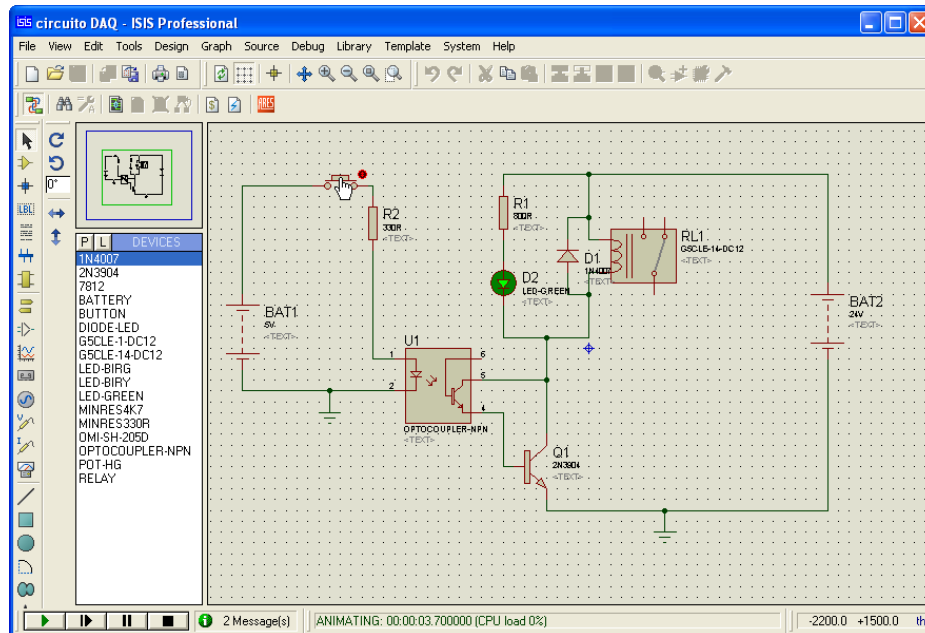


Figura 144. Simulación de los CPG en Proteus 7.10

En la simulación se agregó un transistor para poder alimentar un diodo que indique el cambio de estado del relé pues éste no es dinámico y no se puede saber si se está energizando o no. Este circuito, tal como está, podría utilizarse también, teniendo la

ventaja que se cuenta con un indicador led que indica cuando el relé está enclavado. No se sugirió este circuito por cuanto tiene una mayor consumo de energía que el propuesto y, dado que se trata de un proyecto de energías renovables, se prefirió recomendar la configuración más simple que consuma lo mínimo de energía.

#### f.8.4 Pruebas del circuito de conmutación.

La prueba de funcionamiento del circuito de protección a la conmutación y el de Transferencia Eléctrica, se la realizó en el software de diseño y simulación: *Automation Studio 5.0*. En este software prácticamente se lo diseñó el diagrama ya que se tenía que asegurar que nunca, sea por interferencia humana o software, funcionen los dos tipos de energía ya que se trataba, prácticamente, de un sistema de transferencia energética. En la Figura 145 se puede observar el diseño y la simulación del circuito, aquí además, se puede ver el circuito de fuerza de los contactores y el contacto K1 que envía la señal de estado automático a la PC a través de un CPG.

Este diagrama fue simulado y probado su correcto funcionamiento por lo que se garantiza su implementación. Este se encuentra en la carpeta de anexos de la tesis.

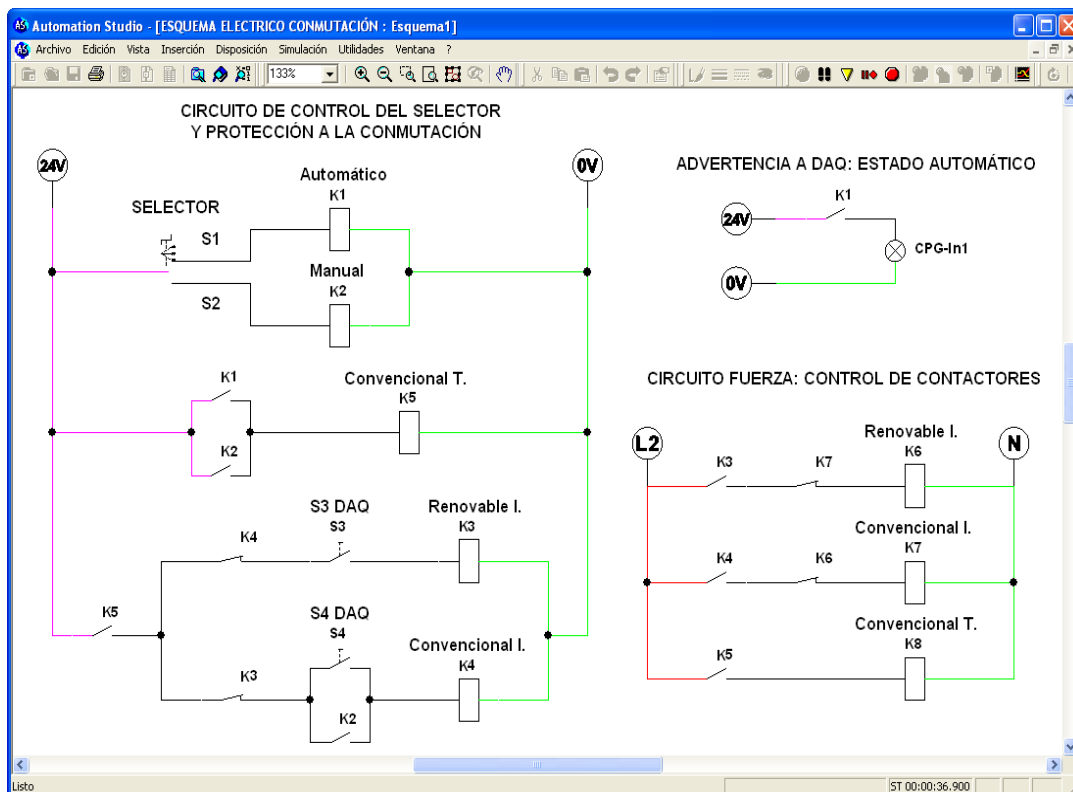


Figura 145. Simulación del circuito de transferencia en *Automation Studio 5.0*

### **f.8.6 Pruebas de la página web.**

Para las pruebas de funcionamiento de las páginas web se instaló el servidor web XAMPP 1.7.2 en una computadora con conexión a internet a través de una dirección IP fija (normalmente las que proporcionan los proveedores de internetes es con una IP pública, no fija). Estas pruebas fueron realizadas en el INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA-CUBA (Ver Figura 146).



**Figura 146.** Prueba de las páginas web en el ISMM de Moa-Cuba

Cabe recalcar que las páginas web que se probaron en Cuba no estaban del todo terminadas, sin embargo solo había que hacerle cambios de forma más no de fondo. Esto debido a que la función de las páginas web solo es mostrar las capturas de pantalla de LabCIER y no tiene una programación específica por cada una sino que, solo bastaba hacerle pruebas a una página para comprobar que las demás si funcionarías pues solo cambian la imagen mostrada.

Una vez en Loja, se hicieron las últimas correcciones a las páginas web (Ver figura 147) como es el caso de textos y cambiar nombres de imágenes y su ubicación dentro de la carpeta que aloja LabCIER para la web, y que se la ubicará en la carpeta “htdocs” del servidor.

Las pruebas en la red local (red interna del instituto) fueron suficientes pues lo único que se hace en la red externa (para que se la pueda ver fuera del instituto o universidad) es “servir” como una ventana que sirve para mostrar las páginas web desarrolladas al exterior. Para hacer esto, mostrar las páginas web al exterior de la red de la universidad,

se debe solicitar autorización a los administradores, en este caso, de los servidores y páginas web de la Universidad Nacional de Loja.



**Figura 147.** Pruebas finales de la página web

## f.9 VALORACIÓN ECONÓMICA.

En este capítulo se presenta los listados de los materiales y equipos colocados como un avance a la implementación de LabCIER, además se enlistan los materiales y equipos que falta colocar.

### f.9.1 Materiales y Equipos ya colocados.

Estos materiales comprenden o son los utilizados en la construcción de obra civil, reubicación y readecuación de la Estación Meteorológica, colocación de tuberías y pasado de cables de comunicación. Los costos están dados en dólares

**Tabla 20.** Materiales ya colocados.

<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO Unitario</b>	<b>COST. TOTAL</b>
Cable Multipar	12 pares	70m	1.20	84.00
Cable Solido	10 AWG	20	0.95	19.00
Canaleta	30X15mm	3	5.00	15.00
Cinta aislante 3M		3	0.60	1.80
Tubo PVC 2"	PVC 50.8mmX3m	4	4.10	16.40
Tubo PVC 1"	PVC 25.4mmX3m	1	2.00	2.00
Codo PVC 90 <sup>0</sup>	PVC 50.8mmX90 <sup>0</sup>	2	2.00	4.00
Codo PVC 45 <sup>0</sup>	PVC 50.8mmX45 <sup>0</sup>	3	2.00	6.00
Tubo Galvanizado	50.8mmX3m	1	12.00	12.00
Tubo Galvanizado	63.5mmX3m	1	15.00	15.00
Plancha de hierro	2mm de 40X50cm	1	30.00	30.00
Pozos de Revisión	Construcción	2	50	100
Empotrado de tubería	Construcción	1	70	70
Base para la Estación	Construcción	1	90	90
Readecuación Estación.	Construcción	1	60	60
Mano de obra	Readecuación	1	60	60
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>585.20</b>
<b>IMPREVISTO 5% DEL SUBTOTAL:</b>				<b>29.26</b>
<b>TOTAL:</b>				<b>614.46</b>



Los pozos de revisión comprende la construcción de 2 pozos, con su respectiva tapa de concreto, así como el cavado de zanjas para la colocación de tubería para el paso del cableado. Aquí están incluidos los materiales.

En el empotrado de tubería se hace referencia al paso de la misma a través de la vereda, para lo cual hubo que romper la baldosa, colocar la tubería y reconstruir la vereda. Aquí el tubo era de hierro, esto para poder soldarlo con la columna de la casa que se la usó como tubería de paso de los cables de comunicación. Aquí están incluidos los materiales.

La base para la estación hace referencia a la construcción de la base donde colocar la estación meteorológica, esta es de concreto reforzado de 45x55cm por 30cm de profundidad. Aquí están incluidos los materiales.

La Readecuación de la estructura de la estación meteorológica comprende el alargado de su tubo principal (altura), así como el soldado de brazos para reubicación de los sensores. Todos los tubos de la estación fueron soldados y luego pintados. Aquí están incluidos los materiales.

La mano de obra es para la colocación de tubería y pasado de cables; además, para la reconstrucción de la cerca de protección del kit de generación.

**Nota:** esto materiales y equipos no son todos los que se utilizaron para la ejecución de esta tesis, sino solo corresponden aquellos materiales ya colocados, como una primera etapa de implementación, y que formaran parte del sistema LabCIER.

### **f.9.2 Materiales y Equipos por colocar.**

Estos materiales y equipos son aquellos que faltan de colocar e instalar para la implementación de LabCIER.

**Tabla 21.** Materiales que falta colocar.

<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO Unitario</b>	<b>COST. TOTAL</b>
Computador Escritorio	Disco 500Gb, 4Gb RAM	1	900.00	900.00
Tarjetas DAQ	NI DAQ 6008	2	160.00	320.00
Tablero Metálico	40x60cm	1	50.00	50.00

<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CANT.</b>	<b>COSTO Unitario</b>	<b>COST. TOTAL</b>
Contactores 110V	50A Marca Siemens	3	132.00	396.00
Porta Fusibles 1	20A Marca Siemens	2	8.00	16.00
Porta Fusibles 2	30A Marca Siemens	4	8.00	32.00
Fusibles 20A	Para la fuente	2	1.00	2.00
Fusibles 30A	Para sensores	4	1.00	4.00
Relés para tablero	24VDC Marca Siemens	5	38.00	190.00
Base para Relés	Marca Siemens	5	40.00	200.00
Selector 3 posiciones	Marca siemens	1	30.00	30.00
Sensores de corriente	SENECA T201DC-H	4	200.00	800.00
Transmisor PT1000	SENECA K109PT1000	1	250.00	250.00
Sensor Temperatura	TRITEC PT100	1	100.00	100.00
Transformador de Voltaje	110V/6V 1A	2	2.50	5.00
Regletas din	De hierro	1m	2.00	2.00
Borneras	De 19 conectores	2	5.00	10.00
Terminales	Tipo Y	80	0.11	8.80
Cable Flexible	# 22 AWG	8m	0.14	1.12
Cable Multipar	10 pares	4m	0.98	3.92
Cable cableado	10AWG	5m	0.71	3.55
Tornillos con tuerca	12.7mm			4.00
Tornillos con tuerca	38.1mm	10	0.05	0.50
Canaleta ranurada	30X15mm	2	5.00	10.00
Canaleta ranurada	40X25mm	2	7.00	14.00
Prisioneros de riel din	Ajustables	5	0.20	1.00
CPG-In y CPG-Out	Construir	1	40	40.00
Fuente DC	24V a 5A	1	80	80.00
Adaptador USB 50m	USB - RJ245 – USB	3	30.00	90.00
Cintas Masking 3M		3	0.60	1.80
Mano de obra	Instalación de equipos	2	100	200
<b>SUBTOTAL:</b>				<b>3765.69</b>
<b>IMPREVISTO 5% DEL SUBTOTAL:</b>				<b>188.28</b>
<b>TOTAL:</b>				<b>3953.97</b>

Los materiales aquí propuestos fueron proformados hasta mayo del 2013, la misma que tiene un vigencia de tres meses.

Se ha preferido utilizar instrumentos SIEMENS debido a que LabCIER trabaja las 24 horas del día, todos los días de la semana y, esta marca, tiene una vida útil garantizada para largas horas de trabajo.

Haciendo una comparación de las dos tablas de materiales y equipos, se puede evidenciar que el costo de la implementación de LabCIER es de **4568.43 dólares**. Cabe recalcar que el 14% de esta inversión ya fue cubierta en esta tesis, como una primera etapa de la implementación del Sistema; además, la gran mayoría de materiales que faltan para la implementación final se los puede encontrar en los laboratorios del AEIRNNR de la universidad.

Como se puede evidenciar en las tablas, todos los materiales propuesto son comerciales, a excepción del circuito de protección galvánica que se lo tiene que construir, aunque todos sus materiales para construirlo si son comerciales y, sobre todo, se los puede encontrar localmente.

El costo de los materiales implementados o colocados no reflejan el costo total de inversión en esta tesis, esto debido que, para hacer las pruebas y mediciones se adquirió otros materiales e instrumentos que no constan en esta lista pero fueron de vital importancia para la culminación exitosa de esta tesis como es el sensor de temperatura láser y el sensores de revoluciones láser, entre otros que permitieron desarrollar la metodología para la gestión energética y comprobación de las variables meteorológicas. Estos materiales o instrumentos representaron una inversión total de 250.00 dólares, aproximadamente.

## **g.- DISCUSIÓN**

En la presente Tesis se desarrolló un Sistema tipo SCADA que permite la Supervisión de las principales variables que influyen en la Generación Energética del Sistema híbrido Eólico/Solar de la Casa Autosustentable del AEIRNNR. Este Sistema tiene como función principal gestionar el suministro electro-energético de la casa, para lo cual se reconsideró qué circuitos de la misma se debían alimentar de energía renovable y cuáles de energía convencional. Este Sistema, que se lo denominó LabCIER (por Laboratorio del Centro de Investigaciones de Energías Renovables) puede ser visualizado vía web gracias a la generación y actualización de capturas de pantallas, desde la interface de la Aplicación de Escritorio de LabCIER, a través una página Web.

Para el desarrollo de LabCIER primero se realizó la caracterización de las instalaciones de la Casa Autosustentable, y de los Sistemas de Generación de energías renovables, principalmente del Sistema híbrido Eólico/Solar al cual se le diseño un sistema de adquisición, análisis y registro de datos. Para ello se consultó en las páginas web de los fabricantes y los informes de tesis relacionados a la casa autosustentable. Esto sirvió para determinar qué proyectos de energías renovables están actualmente funcionando y aportando a la casa y cuáles no. En este caso se observó que el único sistema renovable que está trabajando es el Calentador Solar de Agua.

Para determinar qué circuitos de la casa se podrían alimentar de la energía renovable (Esto debido a que no se dimensionó el sistema de generación renovable para la carga ni consumo actual), se realizó el levantamiento de la carga instalada y se la comparó con la proyectada. Además, a través de entrevistas a los ocupantes de la casa, se determinó cuál es el consumo eléctrico promedio diario, en días hábiles, de la casa. Para determinar tanto la carga como el consumo diario se utilizó la misma metodología de cálculo de los Tesistas que proyectaron el Sistema de Generación Fotovoltaico y, haciendo comparaciones entre los resultados proyectados y los reales, se determinó que la Carga Instalada es 15 veces mayor que lo proyectado y el Consumo 13 veces mayor. Haciendo un análisis más detallado del consumo energético en cada circuito, se decidió alimentar de energía renovable, y conmutarlo con la convencional en caso de insuficiencia de la primera, solo al Circuito de Iluminación pues, solo éste consume el 86% del consumo total proyectado. El Circuito de Tomacorrientes se decidió

alimentarlo exclusivamente de la energía convencional; esto resultó ventajoso debido que este circuito pudiera tener cargas fluctuantes que suman una mayor potencia a la instalada actualmente. El sistema desarrollado, por tanto, solo alimenta de energía renovable al circuito de iluminación y, en caso de desabastecimiento de este tipo de energía, el sistema realiza la transferencia energética a la energía convencional.

Para determinar qué variables se debían adquirir primero se determinó qué información era lo que se quería analizar y mostrar en el sistema, a fin de facilitar el estudio de la energía Eólica y Solar, a través del sistema de generación híbrido eólico/solar y la estación meteorológica. Para ello se conversó con docentes que se desenvuelven en el área de las energías renovables de la UNL y el ISMM de Moa-Cuba, los cuales nos asesoraron y colaboraron con ideas sobre lo que debía mostrar el software supervisor a desarrollar. Debido a que el sistema desarrollado tiene la función de supervisar, las primeras variables que se determinó adquirir son aquellas que permitan mostrar los mismos indicadores, sean analógicos o digitales, tanto del controlador como del inversor. Además, para determinar la eficiencia total del aerogenerador y los paneles fotovoltaicos, se debía monitorear la potencia a la salida de cada uno; en el caso de la energía suministrada por el aerogenerador, esta fue calculada indirectamente a través de un balance energético en el controlador de carga de las baterías. Para determinar el consumo energético de la casa también se monitoreó la energía consumida tanto del circuito de iluminación como del de tomacorrientes. Para medir el nivel de carga de las baterías se utilizó el método de medición de tensión, con el cual se puede hacer aproximar cuál es el nivel de carga de las mismas; existen otros métodos más precisos que el utilizado pero éstos requerían monitorear otros parámetros o variables de las mismas con lo cual, a más de encarecer los costos para medir estas variables, se lo tenía que hacer con las baterías desconectadas o en reposo. El método de medición de tensión de las baterías es el más utilizado ya que es el más fácil de hacer, sin embargo, cualquier método de medición del nivel de carga de las baterías solo son métodos que proporcionan valores aproximados, unos más precisos que otros, sin embargo, actualmente no existe un método preciso que permita determinar, en tiempo real y con carga, el nivel de carga de baterías, esto debido que el comportamiento de carga y descarga de las mismas cambian constantemente en el tiempo pues son afectadas tanto por el número de ciclos de carga y descarga así como su vida útil mismo; en definitiva,

no existe un método, pero un sensor, que determine el nivel de carga de las baterías real solo se puede calcular el nivel aproximado.

El software desarrollado permite visualizar gráficas de generación energética, tanto eólica como solar. Para el cálculo de la potencia eólica incidente, el software permite seleccionar entre utilizar la densidad del aire calculada o colocar una constante. El software LabCIER permite la generación mensual de la curva característica tanto del aerogenerador como del grupo de paneles, en condiciones reales de generación. LabCIER permite ver cuánto y cómo ha sido el consumo energético de la casa, para lo cual se vale de gráficas tipo barras las cuales indican de forma proporcional, y distinguiéndose por colores, cuanto ha sido el consumo del circuito de iluminación por concepto de energía renovable y cuanto por convencional, además de cuanta energía convencional ha consumido diariamente el circuito de tomacorrientes. Además se puede visualizar un análisis económico y ambiental, en tiempo real, del consumo energético de la casa. LabCIER determina el ahorro económico por consumo de energías renovables que son gratuitas, para ello se utilizó el método de facturación escalonado que utiliza la Empresa Eléctrica, tomado o caracterizando los usuarios de la casa como si fueran del tipo residencial, esto para efectos de determinación de las tarifas eléctricas. LabCIER determina también la cantidad de contaminación que se ha evitado emitir a la atmósfera gracias al uso de energías renovables en vez de la convencional; para determinar las constantes de contaminación se ha supuesto que la energía convencional que reemplazaría a la renovable es generada por la Generación Energética por Carbón, que es la más ineficiente y contaminante.

LabCIER permite garantizar la continuidad del suministro energético en la casa autosustentable, aprovechando al máximo la energía renovable específicamente en el circuito de iluminación.

## **h.- CONCLUSIONES**

- LabCIER permite al usuario monitorear, en tiempo real, los principales parámetros de generación del sistema híbrido eólica/solar y el consumo energético en la casa autosustentable.
- Se determinó las condiciones de operación de la casa autosustentable y sus sistemas de generación renovables.
- Se monitoreó 36 variables en total, de las cuales 19 son analógicas y 17 son digitales; definiendo el cómo monitorearlas en tiempo real.
- La Metodología de Monitoreo y Supervisión de LabCIER permite al usuario que se relacione con los sistemas de generación híbrido eólica/solar.
- LabCIER se constituye en una potente aplicación de escritorio, con visualización web, desde la cual se realiza automáticamente la gestión y supervisión energética de la casa autosustentable.
- LabCIER fue puesto a prueba simulando las variables de entrada de las DAQ y adquiriendo las variables de la Estación Meteorológica; obteniendo resultados aceptables que permitieron validar el sistema.

## **i.- RECOMENDACIONES**

- Hacer la implementación del Sistema de Supervisión y Gestión Energética LabCIER, ya que permite hacer el estudio de las energías renovables eólico/solar correlacionando la teórica con la práctica, proporcionado una extensa base de datos que puede servir para el desarrollo de modelos matemáticos. Además, dado que LabCIER se desarrolló para ser compartido vía web, se convertiría en un proyecto Emblemático de nuestra universidad que ayuda al estudio de las energías renovables en otras universidades que no cuentan con los equipos ni las condiciones necesarias para hacerlo, pero que sí cuentan con conexión a internet.
- Dar mantenimiento continuo a los instrumentos de monitoreo (limpieza de sensores) y el kit de generación eólico/solar (limpiar superficie de paneles y engrasar eje del aerogenerador); esto para evitar obtener lecturas erróneas de los sensores y obtener el máximo rendimiento de los paneles y el aerogenerador.
- Rediseñar la obra civil para que brinde mayor seguridad a los equipos tanto de generación como instrumentos de monitoreo y control.
- Montar toda la instrumentación dentro del Tablero de Control Principal, para permitir que los estudiantes vean y entiendan de mejor manera dónde y cómo se hizo la adquisición de datos del Sistema.
- Seguir trabajando en futuras investigaciones, para el desarrollo de nuevas versiones de LabCIER.



## **j. – BIBLIOGRAFÍA**

1. **A Picard, R S Davis, M Gläser and K Fujii. , 2008.** "Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007)". Metrologia 45 149-155,. 2008.
2. **BUENO, Antonio:.** Curso De Creación De Páginas Wed En HTML. México :Primera Edición, 2006.
3. **FIGUERAS SOLÉ, Enric.** Proyecto de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas. Universidad Autónoma de Barcelona (U.A.B). : Enero de 1999.
4. **GOMEZ RIVERA, WILLIAM. Ing. Mec.** Desarrollo De Los Sistemas De Generación Eólica. U. Nacional de Colombia, : Junio de 2004.
5. **MATEU, Carlos.** Software Libre: Desarrollo de Aplicaciones Wed. Primera Edición: Barcelona-España: Marzo 2004
6. **MACROMEDIA, DREAMWEAVER:.** Usando Dreamweaver. San Francisco, CA 94103 : Primera Edición de 1999.
7. **RIVERA BARRIGA, Alfredo, PhD. Profesor Principal FIMCP- Director del CDTS (www.cdts.espol.edu.ec).** Medicion Energética y Análisis de Aplicacion en Mini Casa. Guayaquil: 2010.

### **TESIS:**

8. **CHAFLA, Edison. SANDOVAL, Paola.** TESIS: "Estudio, diseño e implementación de un prototipo para la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica para su aprovechamiento en viviendas de la comunidad de apagua provincia de cotopaxi": 2011.
9. **QUINCHE, Jorge. SOTO, Fabián.** TESIS: "Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de generación para vivienda de interés social del aeirnr". Loja: : 2012.
10. **RAMIREZ, Rodrigo. CARRIÓN, Jimmy.** TESIS: "Diseño de un sistema de supervisión y gestión energética, automatizada y en tiempo real, para la casa

autosustentable de la universidad nacional de Loja". capítulo 3: sistema de supervisión y gestión basado en labview: 2012.

**SITIOS WEB:**

11. EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. [www.eerssa.com/.../7-norma-technica-para-el-diseo-de-redes-elctricas](http://www.eerssa.com/.../7-norma-technica-para-el-diseo-de-redes-elctricas): . [En línea] 2013.
12. <http://www.eiccontrol.com/pdf/Onset/U30/U30-NRC-USER-GUIDE.pdf>. [En línea]
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/XAMPP> : 2012. [En línea] 2013
14. <http://www.HOBOproyectFall2009FinalRev2.pdf>. [En línea] 2013
15. [http://www.proviento.com.ec/Aerogeneradores%20Exmork\\_ec\\_nuevo2.pdf](http://www.proviento.com.ec/Aerogeneradores%20Exmork_ec_nuevo2.pdf).
16. <http://www.proviento.com.ec/MAN-U30-NRC.pdf>. [En línea] 2013
17. <http://www.proviento.com.ec/P100es.pdf>. [En línea] 2013
18. Red de conocimiento en Informática Industrial, Gestión en Tiempo Real y Agilidad Empresarial: [http:// www.redindustria.blogspot.com](http://www.redindustria.blogspot.com). [En línea] 2013

K. ANEXOS.

ANEXO 1: TARIFAS ELÉCTRICAS

CONELEC

DIRECCIÓN DE TARIFAS

EMPRESAS ELÉCTRICAS DEL PAÍS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS PARA CONSUMOS DE MARZO 2012

Resolución 019/12 del 12 de ENERO 2012 CONELEC

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kV)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)	OTRAS TARIFAS		
<b>CATEGORÍA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>			TARIFA	ENERGÍA	DEMANDA
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA Y MEDIA TENSIÓN (BTGR)</b>			VE-B	0.0880	6.37
0-50		0.081	1.414	VE-P	0.1	0
51-100		0.083	1.414			
101-150		0.085	1.414			
151-200		0.087	1.414			
201-250		0.089	1.414			
251-300		0.091	1.414			
301-350		0.093	1.414			
351-500		0.095	1.414			
501-700		0.1185	1.414			
701-1000		0.1350	1.414			
1001-1500		0.1609	1.414			
1501-2500		0.2552	1.414			
2501-3500		0.4260	1.414			
3501-Superior		0.6712	1.414			
	<b>RESIDENCIAL TEMPORAL (BTRT)</b>					
		0.100	1.414			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>GENERAL</b>					
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>GENERAL BAJA TENSIÓN (BTGG)</b>					
	<b>BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA (BTGSD)</b>					
	G1: COMERCIAL, E. OFICIALES, BOMBEO AGUA, ESC. DEPORTIVOS Y SERVICIO COMUNITARIO					
0-300		0.072	1.414			
Superior		0.083	1.414			
	<b>G2: INDUSTRIAL ARTESANAL</b>					
0-300		0.063	1.414			
Superior		0.079	1.414			
	<b>G3: ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTOS RELIGIOSOS</b>					
0 - 100		0.024	1.414			
101-200		0.026	1.414			
201-300		0.028	1.414			
Superior		0.053	1.414			

Fuente: EERSSA

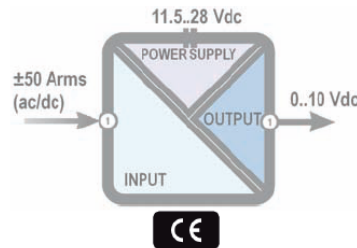
## ANEXO 2: SENSOR DE CORRIENTE



¡ Tu Sitio de Automatización !

# T201DCH

### AC/DC TRMS DIRECT AND ALTERNATE CURRENT TRANSFORMER



T201DCH is an isolated, contact-less direct and alternating TRMS current transducer. The device's function and look are very similar to those of an active standard CT, but with the remarkable feature of measuring the continuous component of the pass-through current. For its electrical endurance, ease of use and compact dimensions, the T201DCH fits every kind of current measurement up to 50 Adc or 50 Aac.

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS

##### GENERAL DATA

Power Supply	11.5..28 Vdc
Protection	Polarity reversal, over-temperature
Power consumption	21 mA (without load)
Protection index	IP20
Accuracy class	0,5
Resolution	12 bit
Temp. coefficient	< 200 ppm/°C
Response time	800..2.000 ms
Measure hysteresis	0,15% f.s.
Operating temp.	-10..+65°C
Weight	47 g
Dimension	41 x 44 x 26 mm (without terminals)
Case	PBT, black

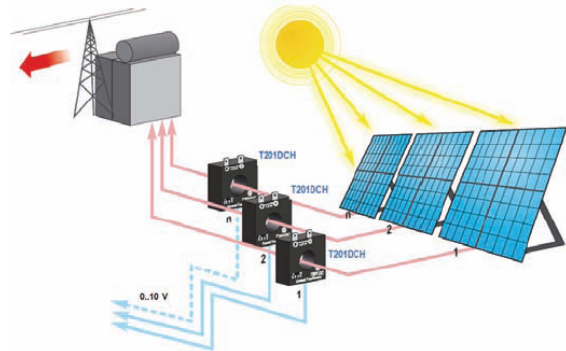
##### INPUT DATA

Limit values	-50 A..50 A AC/DC
Measure type	TRMS
Range	±50 A rms o ±25 Arms (settable by DIP switch)
Peak	2
Pass band	2,5 kHz
Isolation	1 kVdc on bare wire
Overcurrent	2.000 A impulsive, 300 A permanent

##### OUTPUT DATA

Type	0..10 Vdc (min load 2 kΩ)
Connection	Screw terminal pitch 5,08 mm for max 2,5 mm <sup>2</sup> cable
Hole diameter	12,3 mm

#### APPLICATION NOTE



Current measurement and conversion by photovoltaic string

#### ORDER CODES

Code	Description
T201DCH	AC/DC contact-less alternate and direct current transformer, DIN rail connector included

#### ACCESSORIES

BC-CT	T LINE CONNECTOR		
Battery connector for current transformer	DIN rail plastic connector for T-Line products (spare part, included in bundle)		

info@logicbus.com.mx

www.logicbus.com.mx

Alcalde #1822 Col. Miraflores C.P. 44270 Guadalajara, Jal. Mexico  
 MX 01 (33) 3854-5975 y 3823-4349 USA 001 (858)-869-5401 (Chula Vista, CA. Office)

## ANEXO 3: SENSOR DE TEMPERATURA

Sensores EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

### Sensores de temperatura TRITEC

#### TRITEC sensor de temperatura para superficies Pt1000

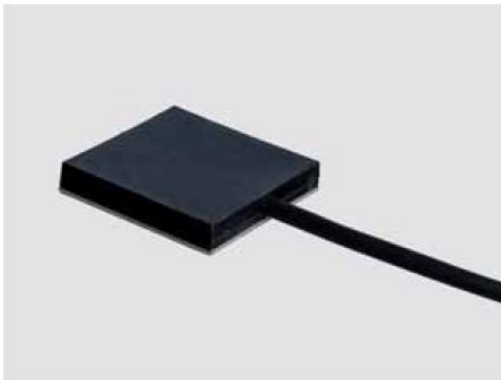
El sensor de temperatura para superficies Pt1000 está compuesto por una lámina adhesiva. Ha sido construido especialmente para realizar mediciones en superficies y es aplicable sobre todo, en las mediciones de temperatura de centrales solares.

Instalando el sensor en la parte posterior de un panel solar se puede medir la temperatura del panel. La temperatura de los paneles solares es decisiva para su rendimiento, ya que el rendimiento baja en un 0.43 %/K en caso de aumento de la temperatura. Me-

diante el control de la temperatura de las células solares se pueden obtener conclusiones acerca del comportamiento de la curva de rendimiento.

#### TRITEC sensor de temperatura exterior Pt1000

El sensor de temperatura exterior Pt1000 está instalado en una carcasa de makrolon resistente a la corrosión atmosférica. Gracias a su modelo compacto es extremadamente flexible en su aplicación y se puede instalar en cualquier parte del panel. La carcasa de plástico resistente a los rayos UV está provista de un cable de conexión a dos hilos.



TRITEC sensor de temperatura para superficies Pt1000



TRITEC sensor de temperatura exterior Pt1000

**TRITEC**

**Fuente:** Pagina web Tritec: [http://www.tritec-energy.com/images/content/10803004\\_TRITEC\\_sensores\\_de\\_temperatura\\_web\\_esp.pdf](http://www.tritec-energy.com/images/content/10803004_TRITEC_sensores_de_temperatura_web_esp.pdf)

ANEXO 8:

THE NEW YORK ENGLISH LEARNING CENTER  
AVE. PIO JARAMILLO ALVARADO ENTRE CHILE Y CUBA  
LOJA  
CIUDAD.

16/07/2013

## CERTIFICADO

Yo certifico se ha realizado una traducción de la tesis denominada "Diseño de un Sistema de Supervisión y Gestión Energética, Automatizado y en Tiempo Real, para la Casa Autosustentable de la Universidad Nacional de Loja"

Atentamente



Gloria Benstead

Ref: BK64HC University of Cambridge