



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE CARGA Y EL MONITOREO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA OBTENIDA POR UN GENERADOR HIBRIDO (EÓLICO-SOLAR), EN EL LABORATORIO DE FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORES: CHERREZ GUAYTA, HENRY MARCELO  
GALABAY GUALOTUÑA, RICARDO VINICIO**

**DIRECTOR: ING. JIMÉNEZ, MARIO**

**2018**



# *Planteamiento del Problema*

El problema radica en que no existe un sistema para cuantificar la energía que produce el generador y la energía que consume la carga eléctrica, así como para monitorear en tiempo real las variables físicas como velocidad del viento e irradiancia solar, siendo magnitudes importantes para determinar el comportamiento de cada uno de los generadores.



# Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema SCADA para el control de carga y el monitoreo de energía eléctrica producida por un generador híbrido, utilizando un controlador lógico programable y medidores de energía, en el Laboratorio de Fuentes Alternativas de Energía de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, para determinar el balance energético en base a los datos exportados del sistema.



# Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema SCADA que permita realizar mediciones de energía eléctrica producida por un generador Híbrido y controlar la carga instalada, mediante horarios de operación programados.
- Implementar el sistema SCADA, utilizando un controlador lógico programable, medidores de energía y sensores analógicos con sus acondicionamientos de señal, que permitan obtener los datos del sistema y realizar pruebas de funcionamiento para determinar que los valores medidos sean reales.
- Realizar el análisis energético mediante la base de datos exportada de las pruebas realizadas, y determinar el rendimiento del sistema.



# Hipótesis

Con la implementación de un sistema Scada se podrá controlar la carga eléctrica instalada, y a la vez monitorear en tiempo real la potencia y energía del generador híbrido para poder realizar el análisis energético del sistema.

## Variables de Investigación

**Variable Independiente:** Diseño e Implementación de un sistema Scada en un generador híbrido conformado por un generador eólico y un generador fotovoltaico.

**Variable dependiente:** Control de carga eléctrica y medición de la energía obtenida por parte del generador híbrido, obteniendo datos en tiempo real para realizar un análisis energético en el sistema.

.



# Introducción

## Energías renovables

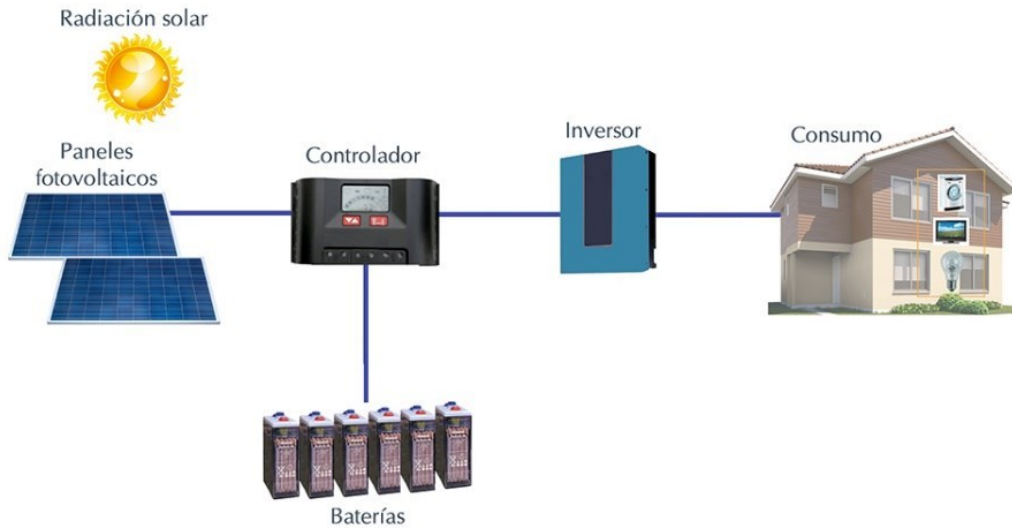
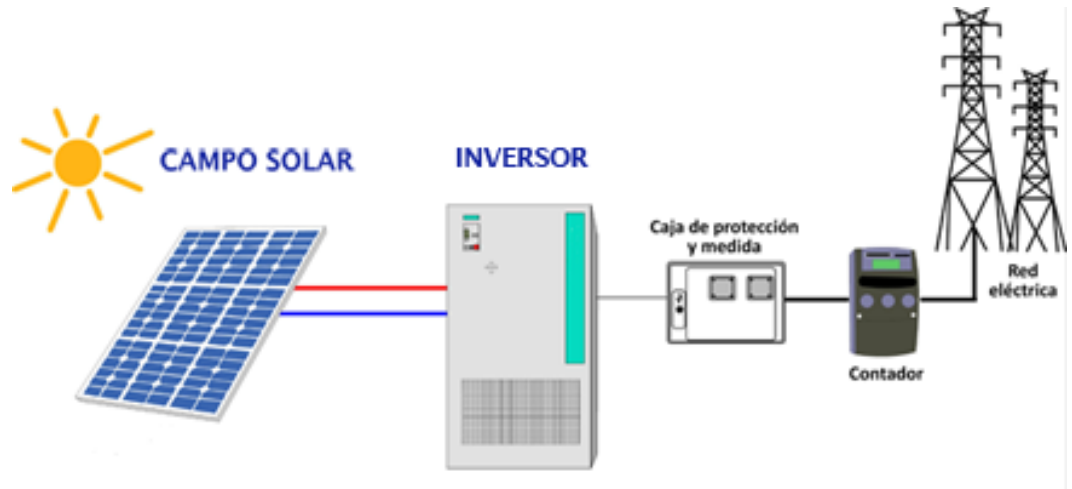


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Introducción

## Paneles Fotovoltaicos

### Sistemas fotovoltaicos aislados



### Sistemas fotovoltaicos conectados a red





# *Introducción*

**Sistemas Eólicos para la producción de Electricidad.**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA



# Introducción

**Sistema de generación híbrida ubicado en el Laboratorio de Fuentes Alternativas de Energía de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Introducción

## Datos técnicos de los generadores

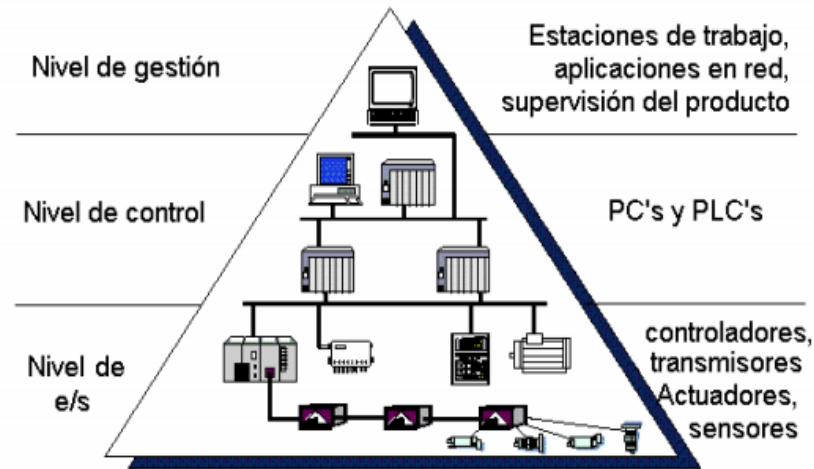
AEROGENERADOR ZH 750	
Foto	
Potencia nominal	750 W
Potencia maxima	900 W
Diametro de la hélice (area)	2,7 m (5.7 m <sup>2</sup> )
Velocidad de Arranque	4,0 m/s*
Velocidad Potencia nominal	9 m/s*
Velocidad Potencia max	12.5 m/s*
Rotación @ potencia nominal	450 rpm*
Controlador de carga:	Controlador electrónico externo
Voltaje de Salida	12V o 24V
Tipo de recarga:	PWM  Híbrido para solar de 200W Banca de batería mínima: 200Ah

Parámetros	Tipo	100P
		Silicio Poli cristalino
Potencia máxima (watt)	W	100
Tolerancia de potencia		+3% /-3%
Voltaje óptima (Vmp)	V	17.5V
Corriente óptima (Imp)	A	5.71A
Voltaje máxima (Voc)	V	22.0V
Corriente máxima (Isc)	A	6.14A
Dimensiones		1130x670x35mm
Marco (tipo, material y grosor)		Aluminium anodizado. Alloy 35mm



# Introducción

## Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Adquisitions)



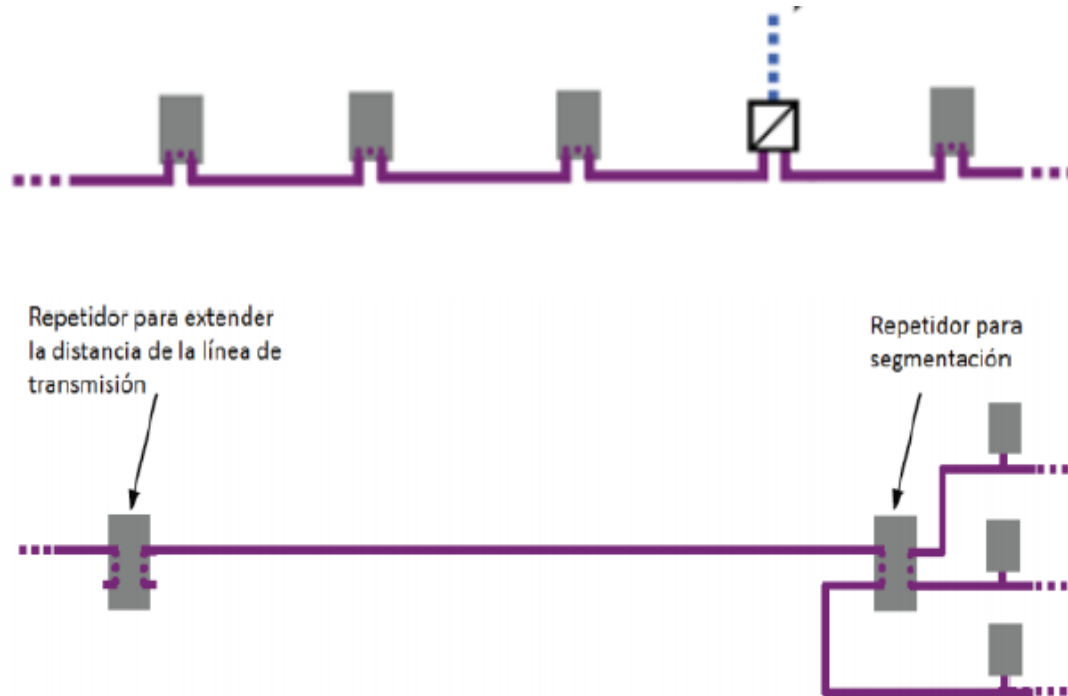
## Funciones correspondientes a un sistema SCADA

1. Supervisión de un proceso en forma remota.
2. Enviar señales de control hacia los equipos en forma remota.
3. Procesamiento de señales provenientes de sensores o equipos de medición
4. Almacenamiento de datos.
5. Gestionar alarmas en el proceso.

# Introducción

## Redes de Comunicación

### Profibus – DP



# Resultados de la investigación

Resultados de las mediciones en las variables eléctricas del sistema híbrido.

Magnitudes Eléctricas	Aerogenerador		Fotovoltaicos		Carga	
	Especificaciones Técnicas	Mediciones Realizadas	Especificaciones Técnicas	Mediciones Realizadas	Especificaciones Técnicas Inversor	Mediciones Realizadas Lámpara 50 W
Voltaje	12 V	12 V	22 V	20,88 V	120 V	120,8 V
Corriente	36,8 A	38,61 A	12,28 A	11,52 A	8,33 A	0,41 A
Potencia	750 W	400 W	200 W	165,62 W	1000W	49,05 W
Frecuencia	Variable	0 - 46 Hz	-	-	60 Hz	59,8 Hz





# Resultados de la Investigación

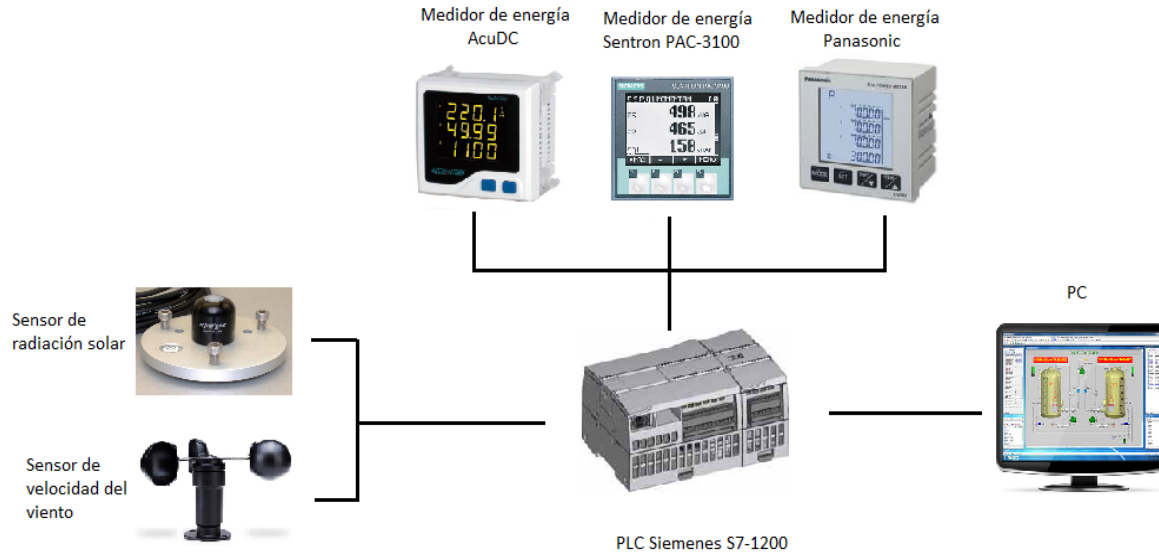
## Resultados necesarios para el control de Datos

Parámetros Del PLC	Requisitos necesarios
Número de entradas analógicas	2
Número de salidas relé	1
Alimentación del PLC	120 V AC
Protocolos intercambio de datos	Modbus Rs_485 o Ethernet
Protocolo de comunicación	Ethernet



# Diseño de la Propuesta

## Arquitectura del Proyecto



- Selección de equipos.
- Obtención de variables eléctricas por medio de medidores de energía eléctrica.
- Comunicación de los equipos con la PC.
- Procesamiento de Datos.
- Resultados.

# Diseño de la Propuesta

## Características Técnicas Medidor de Potencia y energía AcuDc 240



Parameter	Accuracy	Resolution	Range
Voltage	0.2%	0.001V	0~1200V
Current	0.2%	0.001A	0~±50000A
Power	0.5%	0.001kW	0~±60000kW
Energy	0.5%	0.01kWh	0~9999999.99kWh
Drift with Temperature	<100ppm/°C		
Stability	0.5%/year		

Power Supply	
Input	(P1) 100-240Vac, 50/60Hz, 100-300Vdc (P2) 20-60Vdc
Consumption	3W (typical value)

Current	
Input Range	0~±10A(Direct Input, pick up current 0.01A) 0~±50000A(Via Shunt or Hall Effect Sensor, programmable range)
Shunt	50~100mV(programmable)
Hall Effect Sensor	0~±5V/0~±4V, 4~20mA/12mA±8mA
Power Consumption	2W(Max)
Accuracy	0.2%

Communication	
Type	RS485, half duplex, Optical Isolated
Protocol	Modbus-RTU
Baud rate	1200~38400bps
Isolation Voltage	2500Vac



# Diseño de la Propuesta

## Características Técnicas Medidor de Potencia multifunción Panasonic KW9M



Modelo			Estándar	Avanzado			
Item	Unid	Rango de datos	Valor actual	Valor actual	Máximo	Mínimo	
Potencia Instantánea	Activa	kW	-99999 a 0,000 a 99999	●	●	●	●
	Reactiva	kvar		●	●	●	●
	Aparente	kVA		●	●	●	●
Potencia Integral (consumida)	Activa	kWh	0,00 a 9999999,9	●	●	—	—
	Reactiva	kvarh		●	●	—	—
	Aparente	kVAh		●	●	—	—
P. Integral para cada periodo (4 periodos) (consumida)	Activa	kWh	0,00 a 9999999,9	—	●	—	—
	Reactiva	kvarh		—	●	—	—
	Aparente	kVAh		—	●	—	—
P. Integral (producida)	Activa	kWh	0,000 a 9999999,9	●	●	—	—
	Reactiva	kvarh		●	●	—	—
P. Integral para cada periodo (4 periodos) (producida)	Activa	kWh	0,000 a 9999999,9	—	●	—	—
	Reactiva	kvarh		—	●	—	—
Corriente	A	Estándar: 0,000 a 8000,0	●	●	●	●	
	Fase N para 3P4W	Avanzado: 0,000 a 99999	—	●	●	●	
Tensión (de fase y línea)	V	0,00 a 99999	●	●	●	●	
Factor de Potencia		-1,000 a 0,000 a 1,000	●	●	●	●	
Frecuencia	Hz	0,00 a 99,99	●	●	●	●	
Valor de contaje de pulsos		0,000 a 99999999	—	●	—	—	
Valor de conversión de Potencia	Total	0,000 a 99999999	●	●	—	—	
	Para cada periodo		—	●	—	—	
Temperatura	Grados C°	-100,0 a 100,0	●	●	—	—	
Calendario		De 00:00:00 del 1 de Enero de 2000 a 23:59:59 del 31 de Diciembre de 2099	—	●	—	—	



# Diseño de la Propuesta

## Características Técnicas Medidor de Potencia SENTRON PAC 3100



### SETRON PAC-3100

**RANGOS DE TENSIÓN** L-N 58...277 V AC TRMS

L-L 100...480 V AC TRMS

**RANGO DE CORRIENTE** 1/5A AC

**RANGO NOMINAL** 100...240 V AC (45-65 Hz)

**POTENCIA ABSORBIDA** 5W DC/10 VA AC

**ENTRADAS DIGITALES** 2

**SALIDAS DIGITALES** 2

**COMUNICACIÓN** RS485 Modbus RTU

**CONFIGURACIÓN** 4 teclas de Función o Software

**TEMPERATURA** -10...+55 °C

**PROTECCIÓN** IP 65



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA



# Diseño de la Propuesta

## Características técnicas del PLC S7-1200 1212c Ac/Dc/Rly



Función	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	
Memoria de usuario	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Memoria de trabajo</li><li>• Memoria de carga</li><li>• Memoria remanente</li></ul>	
E/S integradas locales	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Digitales</li><li>• Analógicas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 8 entradas/6 salidas</li><li>• 2 entradas</li></ul>
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para salida
Área de marcas (M)	
Ampliación con módulos de señales	2
Signal Board	
Módulos de comunicación	zquierdo)
Contadores rápidos	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fase simple</li><li>• Fase en cuadratura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>4</li><li>• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz</li><li>• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz</li></ul>



# Diseño de la Propuesta

## Características técnicas del Sensor de irradiancia solar SP - 110

### SPECIFICATIONS



	SP-110-SS	SP-230-SS
Heater	N/A	780 $\Omega$ , 15.4 mA current draw and 185 mW power requirement at 12 V DC
Sensitivity		0.2 mV per $W m^{-2}$
Calibration Factor (Reciprocal of Sensitivity)		5 $W m^{-2}$ per mV
Calibration Uncertainty		$\pm 5\%$ (see Calibration Traceability below)
Calibrated Output Range		0 to 400 mV
Measurement Repeatability		Less than 1%
Long-term Drift (Non-stability)		Less than 2% per year
Non-linearity	Less than 1% (up to 2000 $W m^{-2}$ )	Less than 1% (up to 1750 $W m^{-2}$ )
Response Time		Less than 1 ms
Field of View		180°
Spectral Range		360 to 1120 nm (wavelengths where response is 10% of maximum; see Spectral Response below)
Directional (Cosine) Response		$\pm 5\%$ at 75° zenith angle (see Cosine Response below)
Temperature Response		0.04 $\pm$ 0.04 % per C (see Temperature Response below)
Operating Environment		-40 to 70 C; 0 to 100 % relative humidity; can be submerged in water up to 30 m
Dimensions		24 mm diameter, 33 mm height
Mass		90 g (with 5 m of lead wire)
Cable		5 m of two conductor, shielded, twisted-pair wire; TPR jacket (high water resistance, high UV stability, flexibility in cold conditions); pigtail lead wires; stainless steel (316), M8 connector located 25 cm from sensor head



# Diseño de la Propuesta

## Características técnicas del Sensor de velocidad del viento LSYS



### Especificaciones:

Material: policarbonato

Salida de pulso, salida PNP

Estilo del sensor: tres tazas

Voltaje: 0-5 V

Fuente de alimentación: 12-24 V

Rango de medición: 0-30 m/s o 0-60 m/s

Resolución: 0.1 m/s

Max. Potencia: tipo de pulso Max  $\leq$  200 MW

Tensión máx. 300 MW

Corriente max  $\leq$  700mw

Velocidad del viento de arranque: 0.4 ~ 0.8 m/s

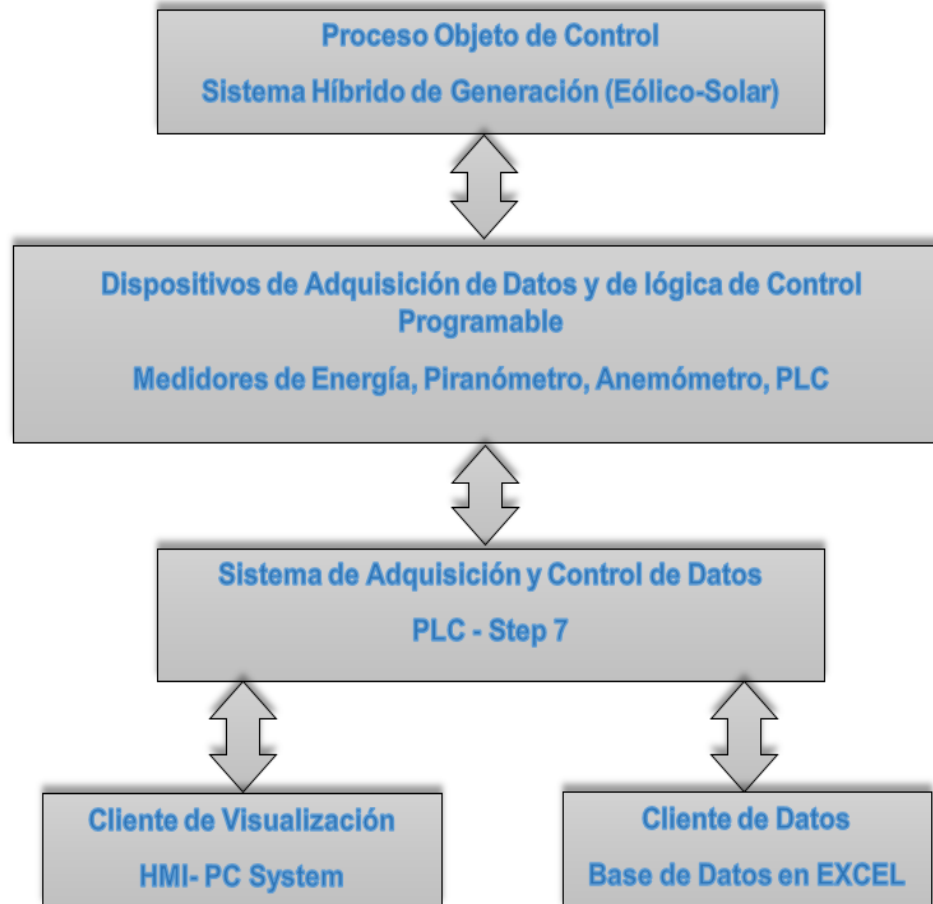
Temperatura de trabajo: -

Distancia de transmisión: > 1000 m



# Diseño de la Propuesta

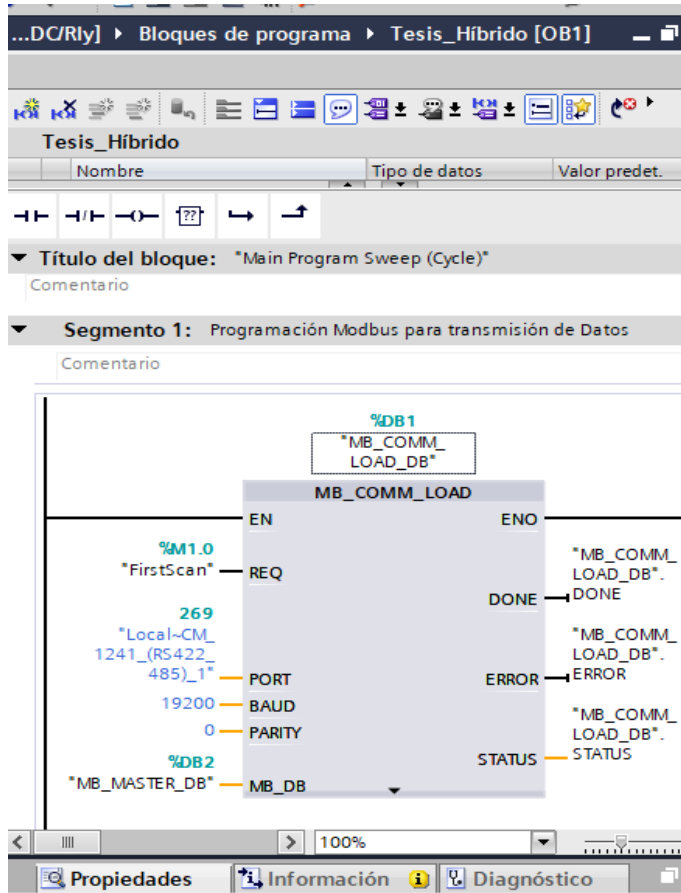
## Diseño del sistema SCADA.



# Implementación del Sistema

## Adquisición de datos de los medidores de Energía

### Parámetros de Configuración MB\_COMM\_LOAD



Parámetro	Descripción	Configuración Utilizada
REQ	Ejecución del Bloque	M1.0 "FirstScan"
PORT	Identificación del puerto de comunicación	"Local~CM_1241_(RS422_485)_1"
BAUD	Selección de la velocidad de transferencia: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600.	19200
PARITY	Selección de la paridad: <ul style="list-style-type: none"> <li>0 – Ninguna</li> <li>1 – Impar</li> <li>2 – Par</li> </ul>	0

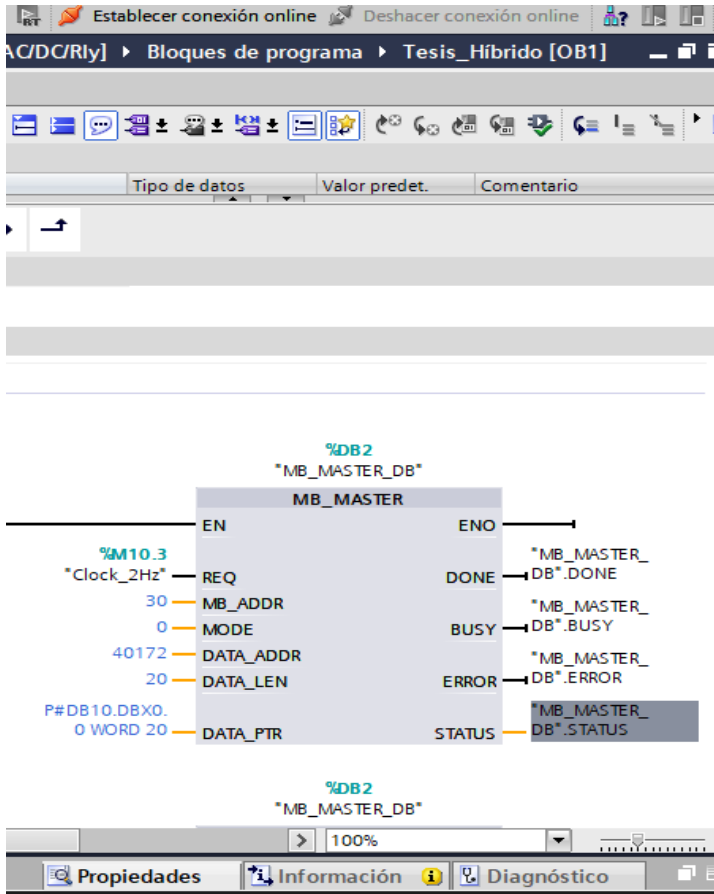




# Implementación del Sistema

## Adquisición de datos de los medidores de Energía

### Parámetros de Configuración MB\_MASTER

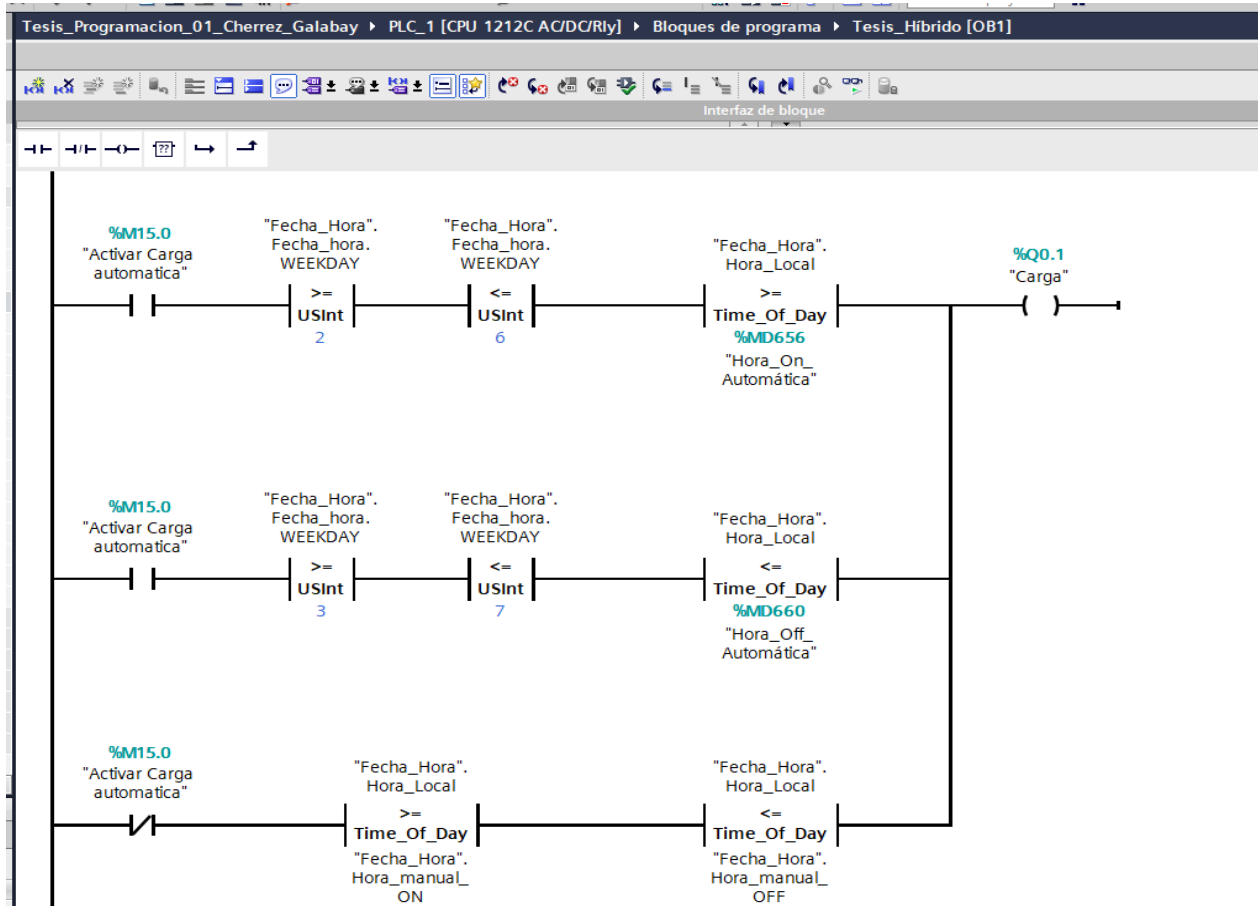


Parámetro	Descripción	Configuración Utilizada
REQ	Entrada de solicitud: <ul style="list-style-type: none"> <li>0 – Ninguna solicitud</li> <li>1 – Solicitud de enviar datos a esclavo(s) Modbus</li> </ul>	M10.3 "Clock_2Hz"
MB_ADDR	Dirección de estación Modbus RTU: <ul style="list-style-type: none"> <li>Área de direccionamiento estándar: 0 a 247</li> </ul>	Según el esclavo: Sentron PAC3100 = 10 ACU - DC = 20 KW9M = 30
MODE	Modo de selección: Indica el tipo de solicitud: lectura, escritura o diagnóstico	0 Leer bits
DATA_ADDR	Dirección inicial en el esclavo: indica la dirección inicial de los datos a los que se debe acceder en el esclavo Modbus.	Las direcciones válidas se pueden encontrar en la tabla de funciones Modbus. Usando la dirección Modbus entre 40001 a 49999 ó de 400001 a 465535
DATA_LEN	Longitud de datos: indica el número de bits o palabras a los que debe acceder esta solicitud.	Las longitudes válidas se pueden encontrar en la tabla de funciones Modbus.
DATA_PTR	Puntero hacia la dirección del DB o de la marca de la CPU de los datos que se deben escribir o leer.	P#DB10.DBX0.0 WORD 20



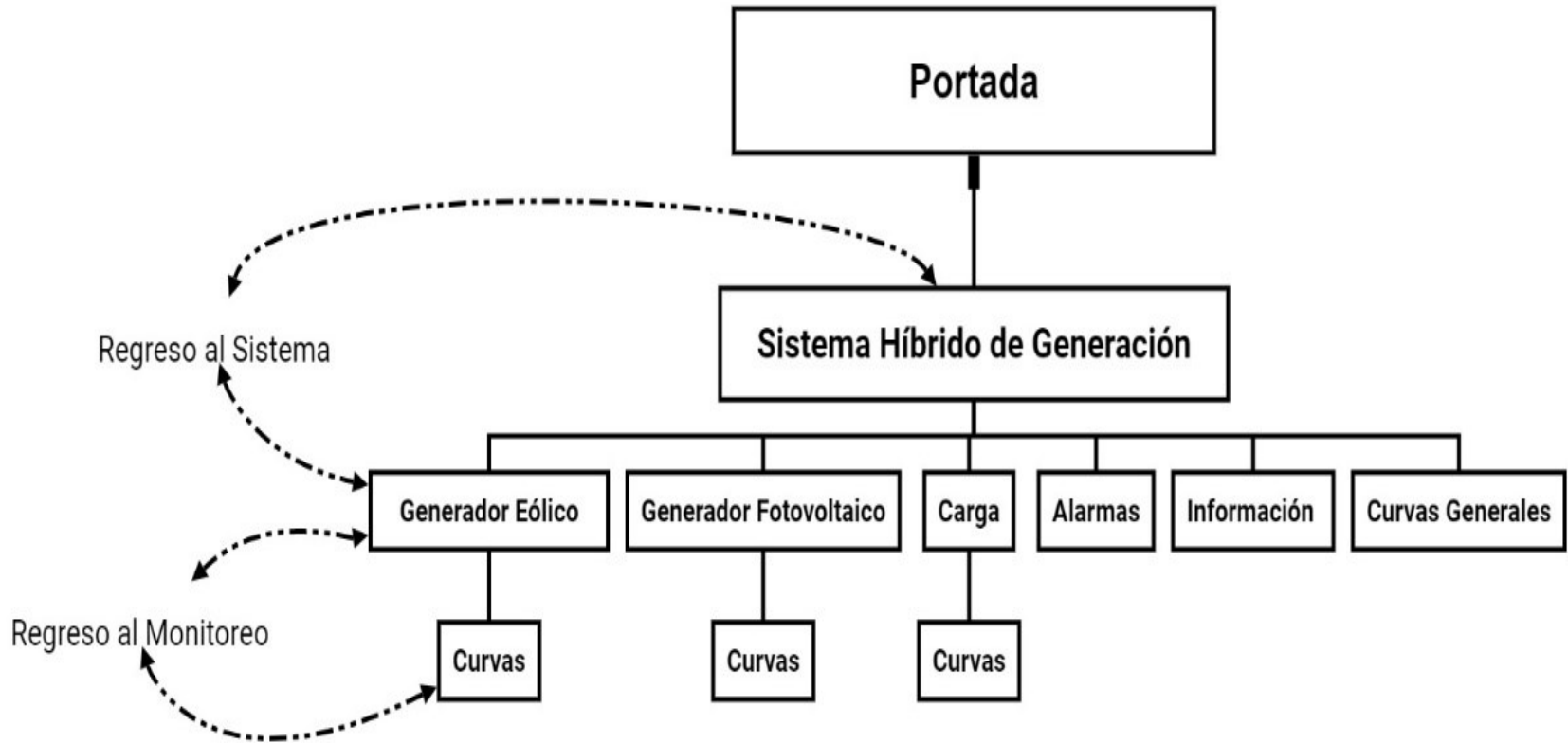
# Implementación del Sistema

## Programación del control de carga en el sistema



# Implementación del Sistema

## Diseño de la Interfaz del sistema SCADA



# Implementación del Sistema

## Diseño de las pantallas del sistema SCADA

The screenshot displays the WinCC RT Advanced software interface for designing a SCADA HMI. The main workspace shows a design for a 'Sistema Híbrido de Generación' (Hybrid Generation System) monitoring screen. The screen layout includes:

- Header:** 'Sistema Híbrido de Generación' in a large orange font, with a subtitle 'Monitoreo del Sistema Eólico - Solar' in red.
- Potencia Eólica (Wind Power):** A section with a wind turbine image and three numerical displays for active power (P: 0000,00 W), reactive power (Q: 0000,00 VAR), and complex power (S: 0000,00 VA).
- Potencia Carga (Load Power):** A section with a load image and three numerical displays for active power (P: 0000,00 W), reactive power (Q: 0000,00 VAR), and complex power (S: 0000,00 VA).
- Potencia Fotovoltáica (Photovoltaic Power):** A section with a solar panel image and one numerical display for active power (P: 000,00 W).
- Navigation Panel:** A blue-bordered box titled 'Ingreso a los parámetros del sistema' (Access to system parameters) containing buttons for 'G. Eólico', 'G. Fotovoltáico', 'Carga', 'Alarmas', 'Información', and 'Curvas Generales'.

The software interface includes a top menu bar with 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. A toolbar below the menu contains icons for 'Establecer conexión online' and 'Deshacer conexión online'. On the right side, there is a 'Herramientas' panel with 'Opciones' and 'Objetos básicos' sections, and a vertical sidebar with 'Animaciones', 'Representación', 'Instrucciones', and 'Tareas'.



# Implementación del Sistema

## Configuración de las alarmas implementadas en el SCADA

Avisos analógicos							
ID	Nombre	Texto de aviso	Categoría	Variable de di..	Valor límite	Modo del lími..	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Velocidad_Viento ...	La velocidad del viento supero los 6 Warnings		Velocidad ...	6	Superior	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Velocidad_Viento ...	La velocidad del viento bajo de los 2 Warnings		Velocidad Vie...	2	Inferior	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Corriente_Eólico_m...	La intensidad de corriente en el aeri Warnings		Corriente A	40	Superior	
<input checked="" type="checkbox"/> 4	Corriente_Paneles_...	La intensidad de corriente en los pa Warnings		Corriente Dc	40	Superior	
<input checked="" type="checkbox"/> 5	Corriente_Carga_m...	La intensidad de corriente en la carç Warnings		Corriente Carga	30	Superior	
<Agregar>							



# Implementación del Sistema

## Creación de la base de datos en formato .csv

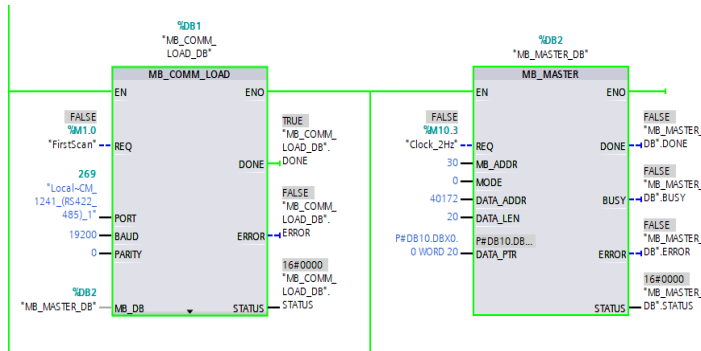
```
1 Sub Base_Datos()  
2 ''Programación para Almacenar la Información en un archivo .csv  
3 ''Inicio de programa  
4 Do  
5 ''Declaración de Variables  
6 Dim FolderWay, ObjectWay, FileName, File, FileExist, Apendix, Row  
7 ''Dirección de la Carpeta  
8 FolderWay="C:\Monitoreo_Híbrido"  
9 ''Creación de la Carpeta si esta no existe  
10 Set ObjectWay=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")  
11 If Not ObjectWay.FolderExists(FolderWay) Then  
12     ObjectWay.CreateFolder FolderWay  
13 End If  
14 ''Declaración del archivo  
15 FileName="Monitoreo_del_Sistema.csv"  
16 ''Creación del archivo si este no existe  
17 Set File=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")  
18 FileExist = File.FileExists(FolderWay & "\" & FileName)  
19 If FileExist =False Then  
20     ''Si el archivo existe entonces se crean los títulos de las columnas  
21     File.CreateTextFile(FolderWay & "\" & FileName)  
22     Set Apendix = File.OpenTextFile(FolderWay & "\" & FileName,8)  
23     Apendix.WriteLine(" Fecha ; Hora ; V. A-B Eólico (V) ; V. B-C Eólico (V) ; V. C-A Eólico (V) ; I. A Eólico (A) ;  
24     Apendix.Close  
25     Set File= Nothing  
26 End If  
27 ''Se obtienen los datos de las variables  
28 Set File = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")  
29 Set Row = File.OpenTextFile(FolderWay & "\" & FileName,8)  
30 Row.WriteLine( SmartTags("Fecha") & ";" & SmartTags("hora_h")& ":" & SmartTags("minu_m")& ":" & SmartTags("seg_s") ;  
31 Loop Until Archivador = 1  
32 Row.Close  
33 End Sub
```





# Pruebas de funcionamiento del Sistema

## Prueba de comunicación entre los medidores y el Plc.



Conservar valores actuales Instantánea Copiar instantáneas a valores de

Base\_Datos\_Medidores (instantánea generada: 17/09/2018 11:32:43)

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen.
1	Static					
2	Voltajes y Corrientes E...	Array[0..20] ...	0.0			
3	Voltajes y Corrient...	Int	0.0	0	0	
4	Voltajes y Corrient...	Int	2.0	0	111	
5	Voltajes y Corrient...	Int	4.0	0	0	
6	Voltajes y Corrient...	Int	6.0	0	111	
7	Voltajes y Corrient...	Int	8.0	0	0	
8	Voltajes y Corrient...	Int	10.0	0	111	
9	Voltajes y Corrient...	Int	12.0	0	0	
10	Voltajes y Corrient...	Int	14.0	0	111	
11	Voltajes y Corrient...	Int	16.0	0	0	
12	Voltajes y Corrient...	Int	18.0	0	363	
13	Voltajes y Corrient...	Int	20.0	0	0	
14	Voltajes y Corrient...	Int	22.0	0	356	
15	Voltajes y Corrient...	Int	24.0	0	0	
16	Voltajes y Corrient...	Int	26.0	0	350	
17	Voltajes y Corrient...	Int	28.0	0	0	
18	Voltajes y Corrient...	Int	30.0	0	0	
19	Voltajes y Corrient...	Int	32.0	0	0	
20	Voltajes y Corrient...	Int	34.0	0	356	
21	Voltajes y Corrient...	Int	36.0	0	0	
22	Voltajes y Corrient...	Int	38.0	0	0	
23	Voltajes y Corrient...	Int	40.0	0	0	
24	Frecuencia, FP, Energi...	Array[0..40] of Int	42.0			



# Pruebas de funcionamiento del Sistema

## Pruebas de mediciones en el generador fotovoltaico

**Generador Fotovoltaico - 200W**



**Variables Eléctricas del Generador**

Voltaje	16,19 V	Corriente	8,34 A
Potencia	134,94 W	Energía	10,000 Wh

**Análisis del Generador**

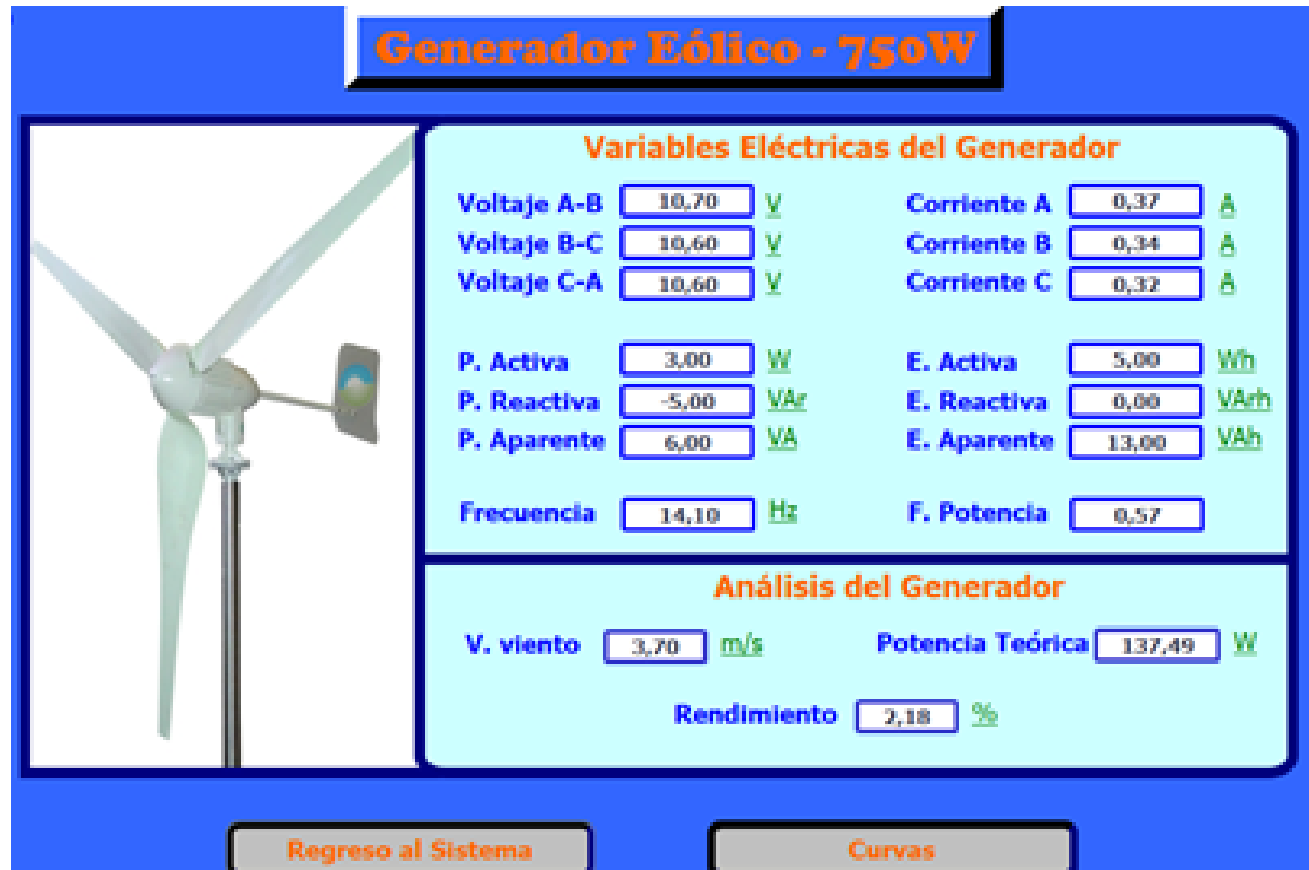
Radiación Solar	806,04 W/m <sup>2</sup>	Potencia Teórica	604,53 W
Rendimiento	11,16 %		

[Regreso al Sistema](#) [Curvas](#)



# Pruebas de funcionamiento del Sistema


## Pruebas de mediciones en el generador eólico



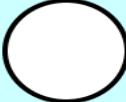
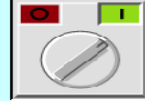
# Pruebas de funcionamiento del Sistema

## Prueba de funcionamiento control de carga

### Monitoreo y Control de Carga



Variables Eléctricas de la Carga					
Voltaje	120,12	V	Corriente	0,42	A
P. Activa	49,82	W	E. Activa	663,22	Wh
P. Reactiva	-9,02	VAr	E. Reactiva	0,00	VArh
P. Aparente	50,89	VA	F. Potencia	0,98	
Frecuencia	59,86	Hz			

Indicador de Carga	Selector del Control
	Automático Manual 
<input type="radio"/> Control Automático	<input checked="" type="radio"/> Control de horarios manual
Encendido: 18:00:00	Encendido: 18:00:00
Apagado: 6:00:00	Apagado: 23:59:00

Regreso al Sistema      Curvas



# ***Pruebas de funcionamiento del Sistema***

## **Pruebas de los sensores de irradiación solar y velocidad del viento**

Se compararon las variables físicas de irradiación solar y velocidad del viento, con la estación meteorológica Vantaje Pro, ubicada en una torre del edificio central de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Como resultado se obtiene que los datos del sistema Scada son coincidentes con la estación meteorológica, validando sus mediciones.



# Pruebas de funcionamiento del Sistema

## Creación de la base de datos en formato .csv

Monitoreo\_del\_Sistema - Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

L10 12,6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Fecha	Hora	V. A-B Eólico (V)	V. B-C Eólico (V)	V. C-A Eólico (V)	I. A Eólico (A)	I. B Eólico (A)	I. C Eólico (A)	P. Eólico (W)	Q. Eólico (VAr)	S. Eólico (VA)	F. Eólico (Hz)	Fp. Eólico	E. Activa Eólico (Wh)	E. Reactiva Eólico (VArh)	E. Aparente Eólico (VAh)	Vel. V (m/s)
1																	
2	17/09/2018	17:07:05	10,3	10,3	10,3	0,3	0,29	0,28	0	0	0	13,1	0	0	0	0	5
3	17/09/2018	17:07:06	10,3	10,3	10,3	0,3	0,29	0,28	2	4	5	13,6	0,6	0	0	0	4,8
4	17/09/2018	17:07:07	9,9	9,9	9,9	0	0	0	0	0	0	12,9	0	0	0	0	4
5	17/09/2018	17:07:08	9,3	9,3	9,3	0	0	0	0	0	0	12,9	0	0	0	0	4,4
6	17/09/2018	17:07:09	9,3	9,3	9,3	0	0	0	0	0	0	12,1	0	0	0	0	4,2
7	17/09/2018	17:07:10	8,8	8,9	8,9	0	0	0	0	0	0	11,6	0	0	0	0	3,9
8	17/09/2018	17:07:11	8,7	8,7	8,6	0	0	0	0	0	0	11,6	0	0	0	0	3,8
9	17/09/2018	17:07:12	8,7	8,7	8,6	0	0	0	0	0	0	11,4	0	0	0	0	3,8
10	17/09/2018	17:07:13	9,3	9,3	9,3	0	0	0	0	0	0	12,6	0	0	0	0	3,7
11	17/09/2018	17:07:14	10,7	10,7	10,7	1,84	1,84	1,85	0	0	0	12,6	0	0	0	0	3,8
12	17/09/2018	17:07:15	10,7	10,7	10,7	1,84	1,84	1,85	39	22	45	15,7	0,871	0	0	0	3,7
13	17/09/2018	17:07:16	11,2	11,2	11,2	5,47	5,49	5,5	105	68	126	17,9	0,844	0	0	0	3
14	17/09/2018	17:07:17	11,3	11,3	11,2	5,98	5,99	6	105	68	126	17,9	0,844	0	0	0	3,5
15	17/09/2018	17:07:18	11,3	11,3	11,2	5,98	5,99	6	110	76	134	17,8	0,828	0	0	0	3,5
16	17/09/2018	17:07:19	11,1	11,1	11	4,11	4,11	4,12	67	53	86	16,5	0,788	0	0	0	3,2
17	17/09/2018	17:07:20	11,1	11,1	11	4,11	4,11	4,12	67	53	86	16,9	0,86	0	0	0	3
18	17/09/2018	17:07:21	11,1	11,1	11	4,11	4,11	4,12	81	46	93	16,9	0,86	0	0	0	3,5
19	17/09/2018	17:07:22	11,3	11,3	11,3	6,42	6,43	6,44	122	82	147	18,3	0,839	0	0	0	3
20	17/09/2018	17:07:23	11,5	11,5	11,5	8,38	8,39	8,4	122	82	147	18,3	0,839	0	0	0	2,8





# Balance Energético

## Rendimiento de los generador del sistema híbrido

Fecha	Hora	P. Eólico (W)	Vel. Viento (m/s)	P. Paneles (W)	Irradiación (W/m)
21/09/2018	10:40:25	5	2,41645	51,77565	279,9523
21/09/2018	10:40:26	31	2,406684	51,77565	279,9523
21/09/2018	10:40:27	60	2,296007	52,10754	279,9523
21/09/2018	10:40:28	60	2,184245	52,44128	279,9523
21/09/2018	10:40:29	114	4,332682	52,44128	279,9523
21/09/2018	10:40:30	156	4,220921	52,87625	279,9523
21/09/2018	10:40:31	156	3,962674	53,12104	279,9523
21/09/2018	10:40:32	178	3,814019	53,12104	279,9523



# Balance Energético

## Rendimiento de los generador del sistema híbrido

### Rendimiento Generador Eólico

$$Pt_A = \frac{A * \rho * v^3}{2}$$

$$Pt_A = \frac{5.7 * 0.95 * 4.83^3}{2}$$

$$Pt_A = 305,07 W$$

$$\eta = 31,14\%$$

$$\eta = \frac{\text{Potencia Real}}{\text{Potencia Teórica}} * 100\%$$

### Rendimiento Generador Fotovoltaico

$$Pt_F = G * A$$

$$Pt_F = 279.95 * 1.5$$

$$Pt_F = 419.9 W$$

$$\eta = 12.48\%$$



# Balance Energético

## Balance de Energía en el Generador Híbrido

### Datos Energía Generada

Fecha	Hora	E. Activa Eólico (Wh)	E. Paneles (Wh)
19/09/2018	10:08:00	0	0
19/09/2018	12:00:00	121	120
19/09/2018	18:00:00	400	440
19/09/2018	22:00:00	574	440
20/09/2018	0:00:00	592	440
20/09/2018	3:00:00	633	440
20/09/2018	6:00:00	633	440
20/09/2018	10:08:00	773	570

### Datos Energía Consumida

Fecha	Hora	E. Activa Eólico (Wh)
19/09/2018	18:00:00	0
19/09/2018	20:00:00	98.790
19/09/2018	22:00:00	197.54
19/09/2018	23:59:00	296.20
20/09/2018	02:00:00	395.33
20/09/2018	04:00:00	494.07
20/09/2018	06:00:00	593.09
<b>TOTAL</b>		<b>593.09</b>



# ***Balance Energético***

## **Balance de Energía en el Generador Híbrido**

*Energía Real Generada = Energía eólico + Energía Fotovoltaico*

***Energía Real Generada = 1343 Wh***

*Energía inverso = (2A)(12V)(24h)*

***Energía inversor = 576 Wh***

*Energía Consumida = Energía Carga + Energía Inversor*

***Energía Consumida = 1169.09 Wh***



# Balance Energético

## Balance de Energía en el Generador Híbrido

Energía Generada	Energía Consumida
1343 Wh	1169.09 Wh

*Energía Almacenada = Energía Generada – Energía Consumida*

*Energía Almacenada = 173.91 Wh*



# Balance Energético

## Eficiencia Energética del sistema

$$\text{Energía Teórica Generadores} = \sum_{i=0}^{86400} P. \text{ Teórica Calculada } [W * \text{seg}]$$

$$E.T. \text{ Generador Eólico} = 1737,47 \text{ [Wh]}$$

$$E.T. \text{ Generador Fotovoltaico} = 4648,63 \text{ [Wh]}$$

$$\text{Energía Teórica Total} = 1737,47 \text{ Wh} + 4648,63 \text{ Wh}$$

$$\text{Energía Teórica Total} = 6386,1 \text{ Wh}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía real generada}}{\text{Energía teórica}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 20,3\%$$





# Conclusiones

- Para la medición de potencia eléctrica del generador híbrido se instaló 3 medidores de potencia: El medidor Panasonic KW9M que mide las magnitudes eléctricas del aerogenerador eólico, el medidor Accuenergy AcuDc 240 para las mediciones en los paneles fotovoltaicos y el medidor Siemens Sentron PAC 3100 para las magnitudes de la carga instalada.
- Debido a que el rango de medición de las entradas analógicas del PLC 1212 AC/DC/Rly son de 0 - 10 Vdc, y el rango de voltaje entregado por el piranómetro es de 0 a 400mVdc, se implementó un amplificador de voltaje que permite elevar ésta señal a un rango de 0 - 5 Vdc logrando una mejor resolución de esta señal.
- Para la implementación del sistema SCADA se utilizó un controlador lógico programable Siemens 1212 AC/DC/Rly con un módulo de comunicación RS- 485 con lo cual se establece una red para el intercambio de información con los medidores de energía en tiempo real para visualizar los datos obtenidos mediante un PC-System HMI.



# Conclusiones

- Utilizando un PC-System HMI se logró la configuración de una interfaz amigable con el usuario que consta de 10 imágenes mejorando la visualización de las variables como voltaje, corriente, potencia, energía, frecuencia, factor de potencia, velocidad del viento e irradiancia solar, incluyendo curvas interactivas de potencias generadas por el sistema y avisos que muestran una variación de las magnitudes de su rango nominal de funcionamiento permitiendo la creación de una base de datos en formato .csv compatible con Office Excel.
- De acuerdo con el análisis del sistema de generación Híbrido se ha llegado a determinar que el rendimiento del generador Eólico es de 31.14% para una velocidad del viento de 4.83 m/s, mientras que el rendimiento del generador Fotovoltaico es de 12.48% para una irradiancia solar de 279.9 W/m<sup>2</sup>.
- La energía total acumulada en 24 horas de generación es de 1343 Wh, con una aportación de 773 Wh del generador Eólico y 570 Wh del generador Fotovoltaico, siendo energía suficiente para abastecer a una carga de 50W durante 12 horas y almacenar 173.91 Wh en las baterías del sistema. Adicionalmente se determina que la carga eléctrica puede estar encendida constantemente durante 14 horas hasta apagarse, y el horario de funcionamiento óptimo es de 18:00 a 6:00.



# Recomendaciones

- Se recomienda analizar que los equipos de medición y de comunicación manejen un protocolo adaptable entre sí, antes de la selección de los mismos.
- Para monitorear el sistema de generación Híbrido desde cualquier lugar por medio de internet, se recomienda implementar un módulo de IoT, permitiendo visualizar curvas, alarmas y controlar el sistema de forma remota.
- Para que el sistema trabaje con normalidad se recomienda que los equipos de control y comunicación se instalen en un ambiente de baja temperatura, que no sobrepase los 25 °C, debido a que el exceso de temperatura puede afectar su funcionamiento.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA