



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

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

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

**AUTORES: BELTRÁN GALLO, CRISTIÁN PAÚL
CAMPOS LLERENA, DARÍO JAVIER**

DIRECTOR: ING. JIMÉNEZ, MARIO

2020



Planteamiento del Problema

El problema radica en que el laboratorio no cuenta con un sistema que permita realizar las mediciones de las variables eléctricas de las cuatro estaciones al mismo tiempo. Por esta razón se ve necesario realizar la actualización del laboratorio con un sistema que incluya medidores inteligentes de energía en cada estación de trabajo para la medición de magnitudes que permitan realizar el análisis eléctrico.



Objetivo General

Diseñar e Implementar un módulo didáctico para el análisis de la energía eléctrica, utilizando un controlador lógico programable y medidores inteligentes de energía, en el laboratorio de Accionamientos Eléctricos de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Extensión Latacunga.



Objetivos Específicos

- ◆ Diseñar un módulo didáctico que permita realizar mediciones de los parámetros de la energía eléctrica en cada una de las estaciones de trabajo al realizar prácticas de laboratorio con la utilización de variadores de frecuencia y convertidores.
- ◆ Implementar un módulo didáctico, mediante un controlador lógico programable que permita adquirir los datos obtenidos por los medidores inteligentes de energía y realizar las pruebas de funcionamiento implementando un HMI que integre las mediciones de cada una de las estaciones de trabajo.
- ◆ Realizar el análisis de la energía eléctrica mediante la base de datos que se genera con la medición de: corrientes, voltajes, potencia factor de potencia y THD.



Hipótesis

Con el diseño e implementación de un módulo didáctico que permita monitorear las magnitudes eléctricas, se podrá visualizar estas en tiempo real para poder realizar el análisis energético del sistema.

Variables de Investigación

Variable Independiente: Diseño e implementación de un módulo didáctico para medición de magnitudes eléctricas en las estaciones de trabajo del laboratorio de Accionamientos Eléctricos.

Variable dependiente: Análisis de la energía eléctrica por medio de las magnitudes eléctricas medidas y registradas.



Introducción

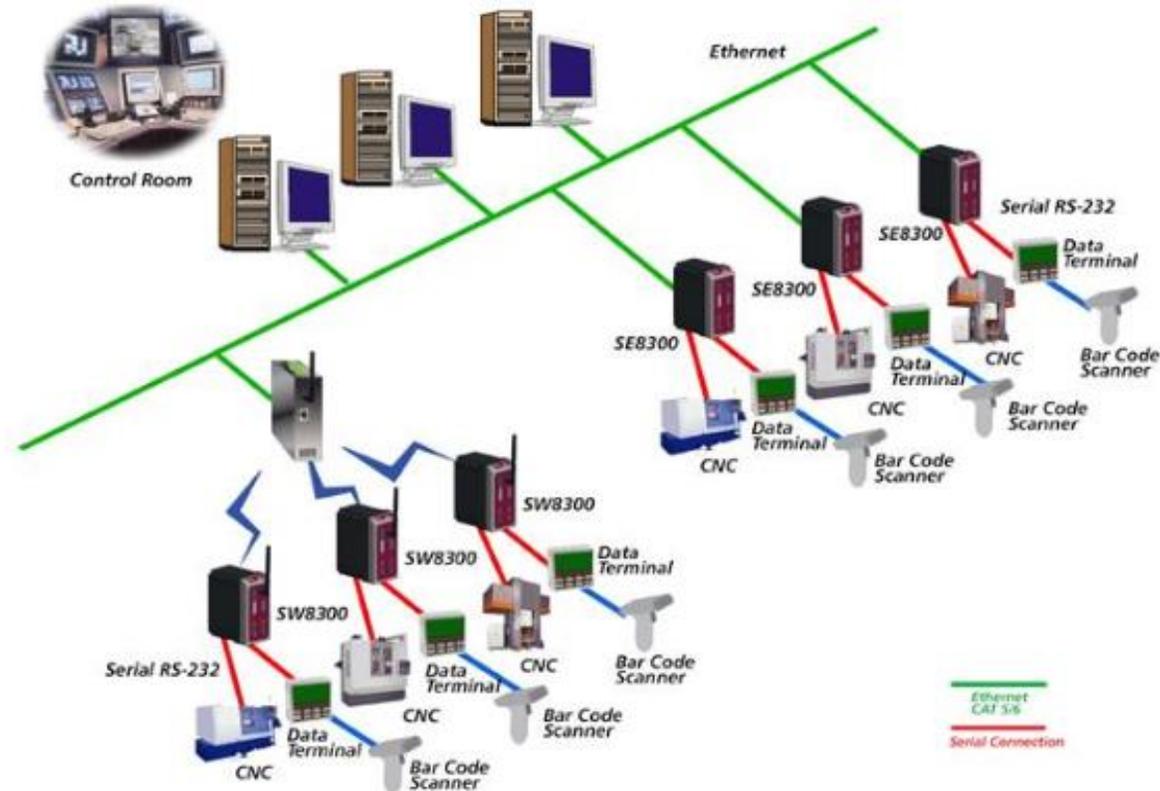
Análisis de la Energía Eléctrica



Introducción

Redes de Comunicación

Modbus TCP.



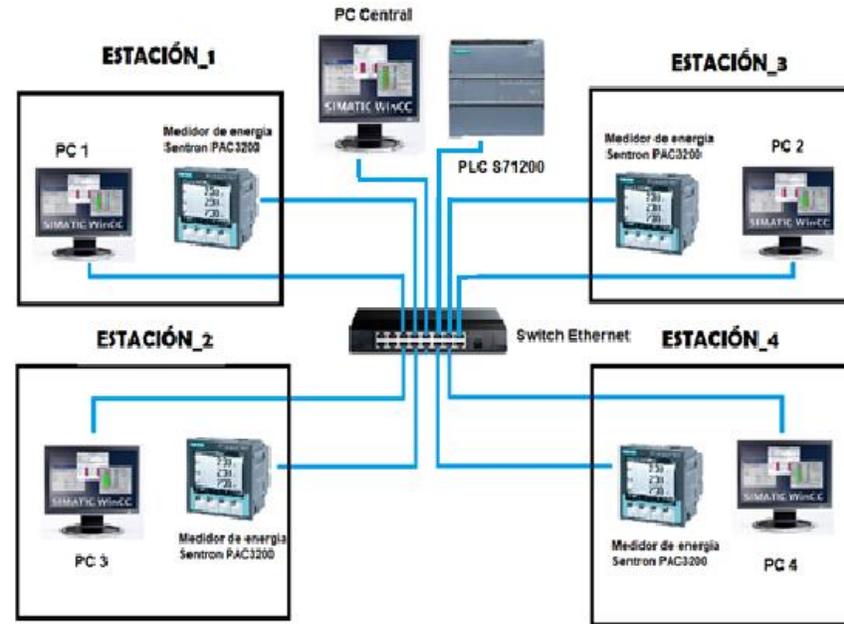
Resultados de la investigación

Uno de los instrumentos de medición que dispone el laboratorio es el analizador de energía eléctrica FLUKE 434, el cual mide: desfase de ángulo de voltajes y corrientes, armónicos presentes en la red cuando la carga es no lineal, graficas de ondas de voltaje de corriente, THD, entre otros parámetros que son necesarios para realizar un levantamiento de información, usado para obtener los primeros resultados. Frente a los resultados obtenidos por el sistema implementado con los módulos.



Diseño de la Propuesta

Arquitectura del Proyecto



- Selección de equipos.
- Obtención de variables eléctricas por medio de los módulos
- Comunicación de los equipos con la PC maestro y de cada estación.
- Recolección de Datos.
- Resultados.

Diseño de la Propuesta

Características técnicas Medidor de Energía SENTRON PAC 3200



SETRON PAC-3200	
ALIMENTACIÓN AC	95 a 240 V AC +-10% / 50/ 60 Hz
ALIMENTACIÓN DC	22 a 65 V DC +-10%
RANGO DE MEDICIÓN DE CORRIENTE	Trifásica 1/5A AC
RANGO DE MEDICIÓN DE VOLTAJE	Trifásica máx. 690/400v, 50/60 Hz
POTENCIA ABSORBIDA	110-340 V DC, 8W
ENTRADAS DIGITALES	1
SALIDAS DIGITALES	1
COMUNICACIÓN	2 RS485 Modbus RTU
CONFIGURACIÓN	4 teclas de Función o Software
PROTECCIÓN FRONTAL	IP 65
PROTECCIÓN POSTERIOR	IP 20



Diseño de la Propuesta

Características técnicas del PLC S7-1200 1214C AC/DC/Rly



PLC S7-1200 1214AC/DC/Rly	
Versión de Firmware	4.2
Tensión de alimentación	120 -230 V AC
Memoria de trabajo	100 kbyte
Memoria de carga	4 Mbyte
Entradas digitales	14
Salidas digitales	10, Relé
Interfaz	Profinet, Ethernet
Entradas analógicas	2
Módulos de comunicación	RS 232/485 MODBUS TCP



Diseño de la Propuesta

Características técnicas del Switch Ethernet TP LINK TI-sg1016g



EQUIPO	TP LINK TI-sg1016d
Alimentación	100-240 VAC 50/60 Hz
Capacidad de transmisión	10/100/MBits/s
Distancia máxima del conductor	100 m
Temperatura de operación	0 a 40 C ⁰
Categoría de conductores para la comunicación	CAT III, IV, V



Diseño de la Propuesta

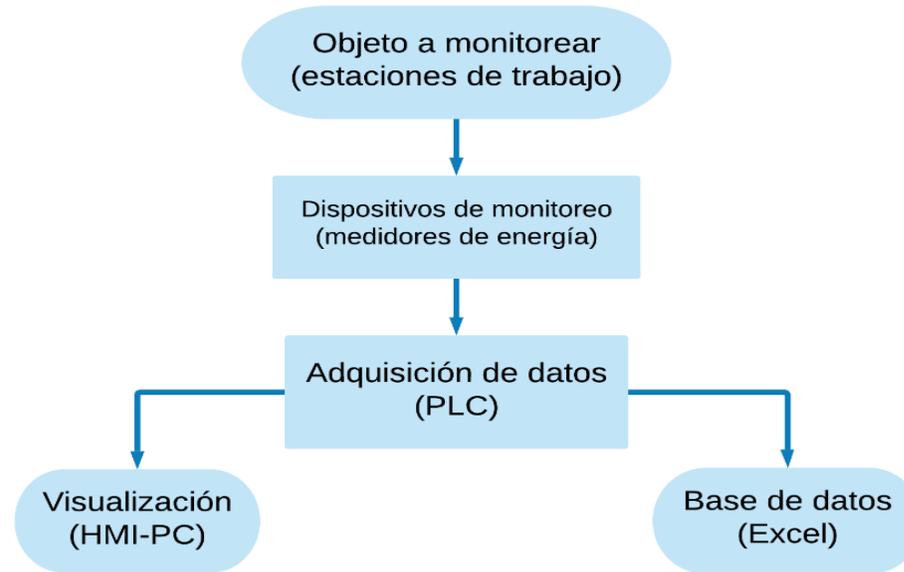
Características técnicas del puerto Ethernet RJ45



EQUIPO	
	RJ454 SIEMENS
Diámetro del módulo	22 mm
Protección	IP65
Temperatura durante la operación	-25+70°C
Temperatura durante el almacenamiento	-40+80°C
Categoría del cable de conexión	CAT6

Diseño de la Propuesta

Diagrama de flujo de un módulo para el análisis de la energía.



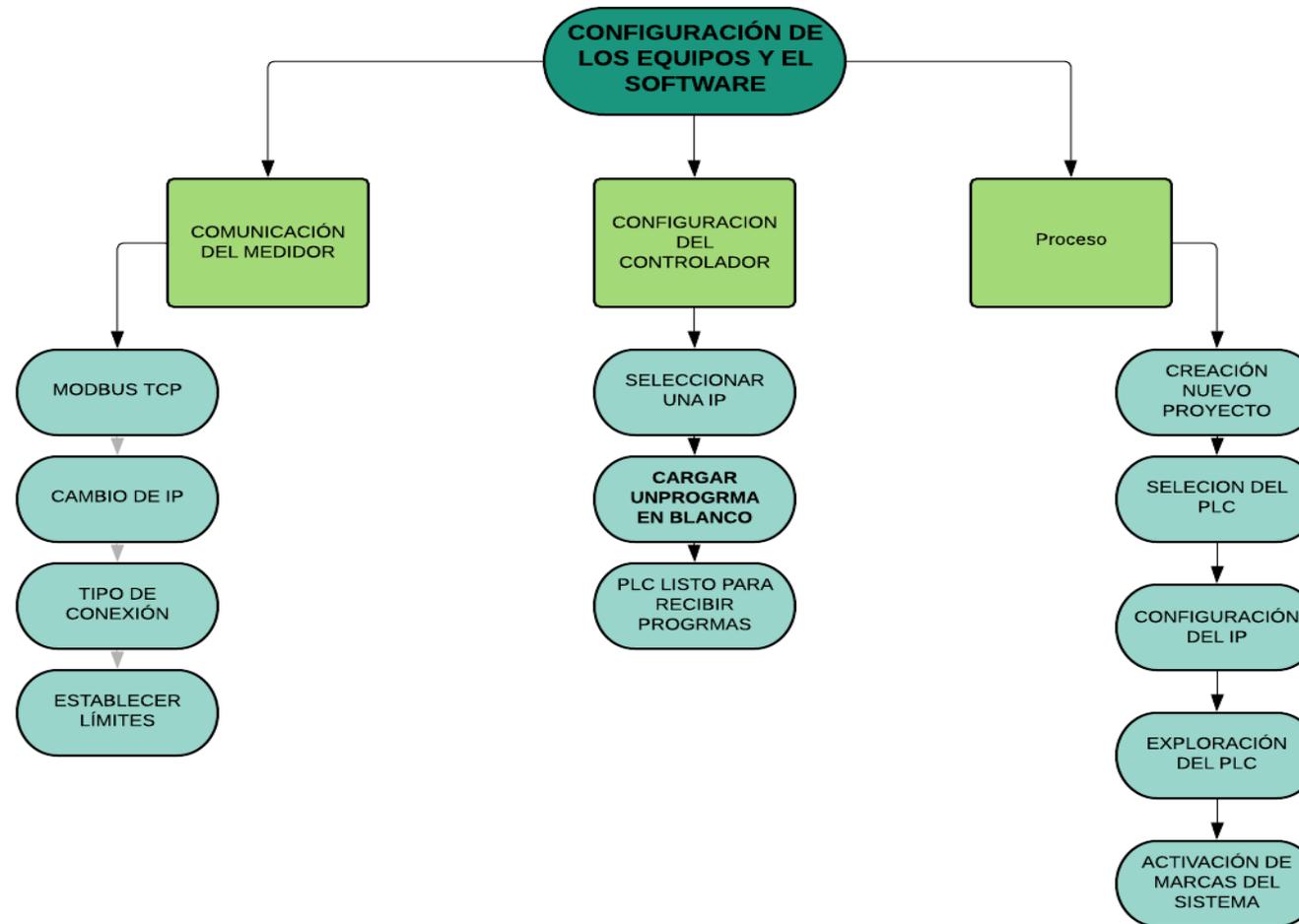
Funciones correspondientes a cada módulo

1. Monitoreo de las estaciones de forma instantánea.
2. Enviar señales de las variables eléctricas a controlador .
3. Procesamiento de señales provenientes de cada módulo de medición.
4. Visualización por medio de la PC, (PC_SYSTEM_HMI).
5. Almacenamiento de la base de datos.



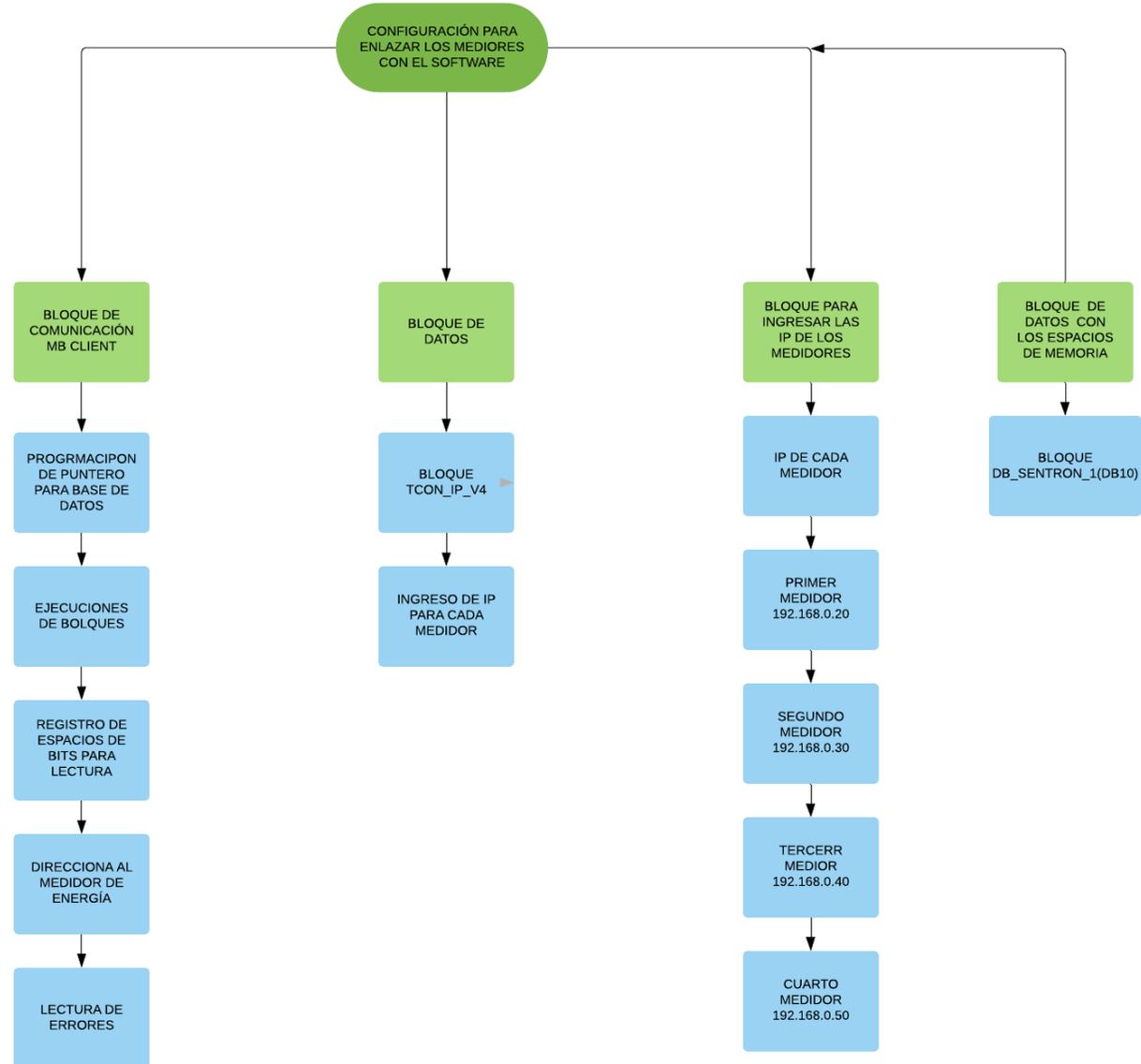
Implementación del Sistema

Configuración de los equipos que conforman el sistema



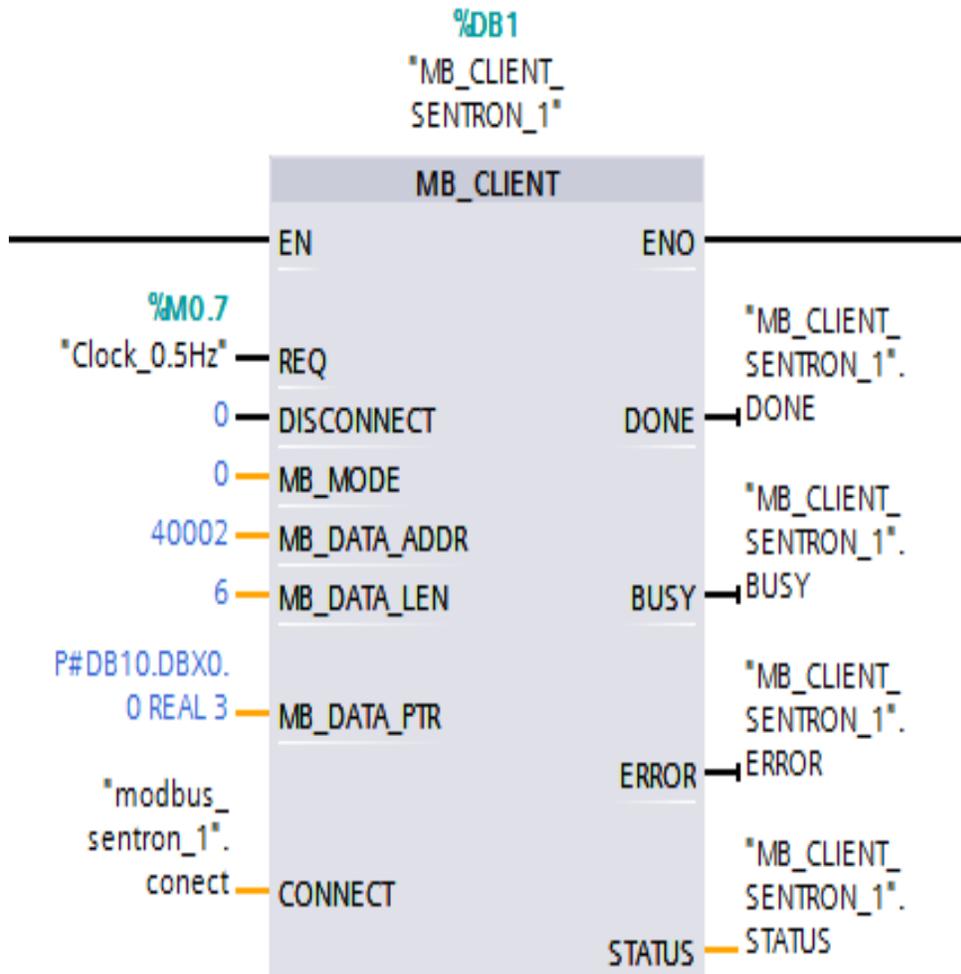
Implementación del Sistema

Configuración de los equipos en el sistema.



Implementación del Sistema

Parámetros de Configuración MB_CLIENT



Parámetro	Descripción	Configuración Utilizada
REQ	Ejecución del Bloque	"Clock_0.5Hz"
DISCONNECT	Opción: Conectado=0 Desconectado=1	0
MB_MODE	Información de leer o escribir	0
MB_DATA_LEN	Offset de cada variable eléctrica	40002
MB_DATA_LEN	Espacios de bits a usar para la lectura	6
MB_DATAPTR	Puntero a la base de datos con el offset que presenta su dirección para la lectura de datos	P#DB10.DBX0.0 REAL 3
CONNECT	Direcciona al medidor de energía	"modbus_sentrón_1".conect
DONE	Conexión del medidor de energía realizado	"MB_CLIENT_SENTRON_1".DONE
BUSY	Conexión del medidor de energía trabajando	"MB_CLIENT_SENTRON_1".BUSY
ERROR	Conexión con el medidor de energía interrumpida, o con falla de IP	"MB_CLIENT_SENTRON_1".ERROR
STATUS	Conexión con el medidor y su rango	"MB_CLIENT_SENTRON_1".STATUS



Implementación del Sistema

Configuración de la base de datos para comunicaciones.

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
conect	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Interfaceld	HW_ANY	64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ID	CONN_OUC	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ConnectionType	Byte	16#0B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ActiveEstablished	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ADDR[3]	Byte	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ADDR[4]	Byte	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
RemotePort	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

MEDIDOR DE ENERGÍA	DIRECCIÓN IP
SETRON PAC 1	192.168.0.20
SETRON PAC 2	192.168.0.30
SETRON PAC 3	192.168.0.40
SETRON PAC 4	192.168.0.50
PLC	192.168.0.24



Implementación del Sistema

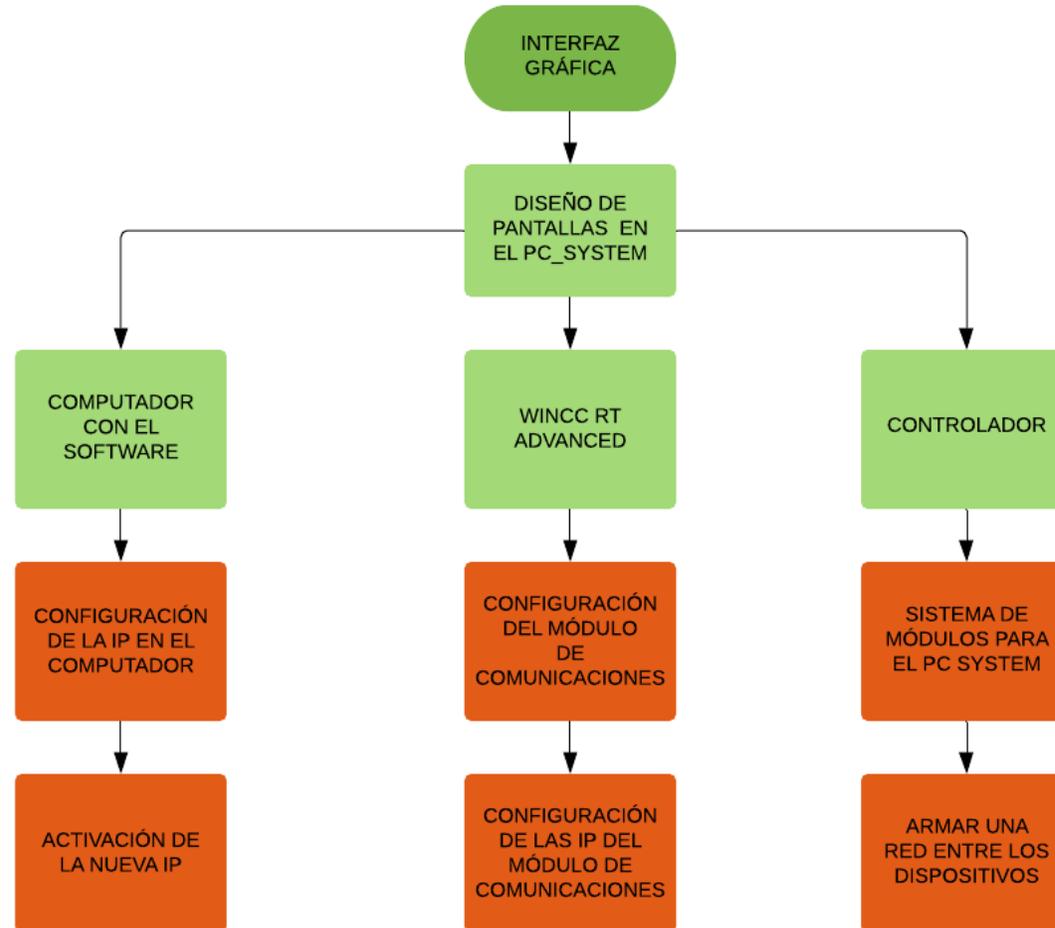
Configuración de datos con espacios de memoria.

DB_SENTRON_4									
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	...
1	Static					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	SENTRON_4_	Array[1..50] ...	0.0			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	SENTRON_4_[1]	Real	0.0	0.0	215.5213	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	SENTRON_4_[2]	Real	4.0	0.0	215.7725	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	SENTRON_4_[3]	Real	8.0	0.0	215.5219	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	SENTRON_4_[4]	Real	12.0	0.0	1.372237	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	SENTRON_4_[5]	Real	16.0	0.0	1.38597	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	SENTRON_4_[6]	Real	20.0	0.0	1.4066	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	SENTRON_4_[7]	Real	24.0	0.0	170.5495	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	SENTRON_4_[8]	Real	28.0	0.0	172.7199	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	SENTRON_4_[9]	Real	32.0	0.0	175.2918	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	SENTRON_4_[10]	Real	36.0	0.0	33.52732	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	SENTRON_4_[11]	Real	40.0	0.0	29.34699	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	SENTRON_4_[12]	Real	44.0	0.0	33.19105	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	SENTRON_4_[13]	Real	48.0	0.0	167.4337	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	SENTRON_4_[14]	Real	52.0	0.0	170.0757	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	SENTRON_4_[15]	Real	56.0	0.0	171.9369	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	SENTRON_4_[16]	Real	60.0	0.0	518.5497	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	SENTRON_4_[17]	Real	64.0	0.0	96.06535	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	SENTRON_4_[18]	Real	68.0	0.0	509.4463	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	SENTRON_4_[19]	Real	72.0	0.0	0.1852577	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	SENTRON_4_[20]	Real	76.0	0.0	1.531664	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	SENTRON_4_[21]	Real	80.0	0.0	1.779886	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	SENTRON_4_[22]	Real	84.0	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



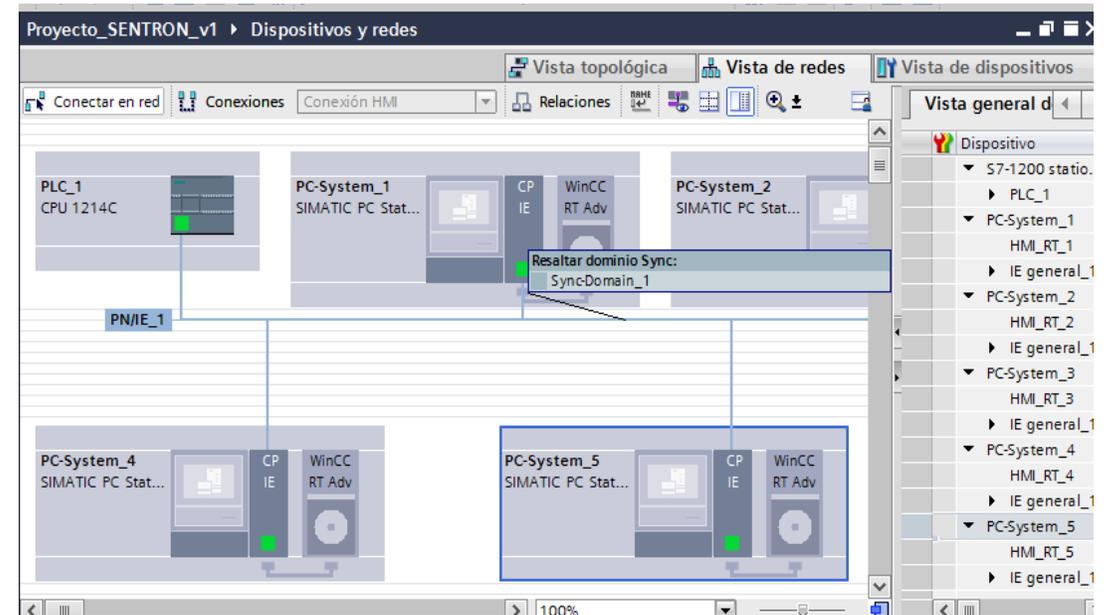
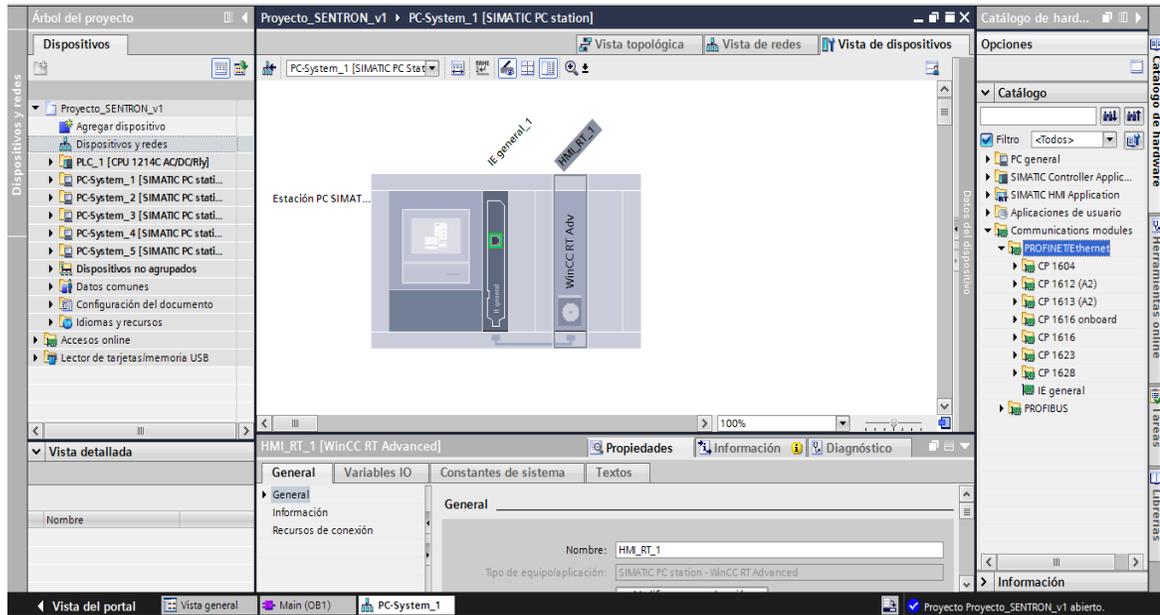
Implementación del Sistema

Diseño y configuración de la interfaz gráfica del sistema



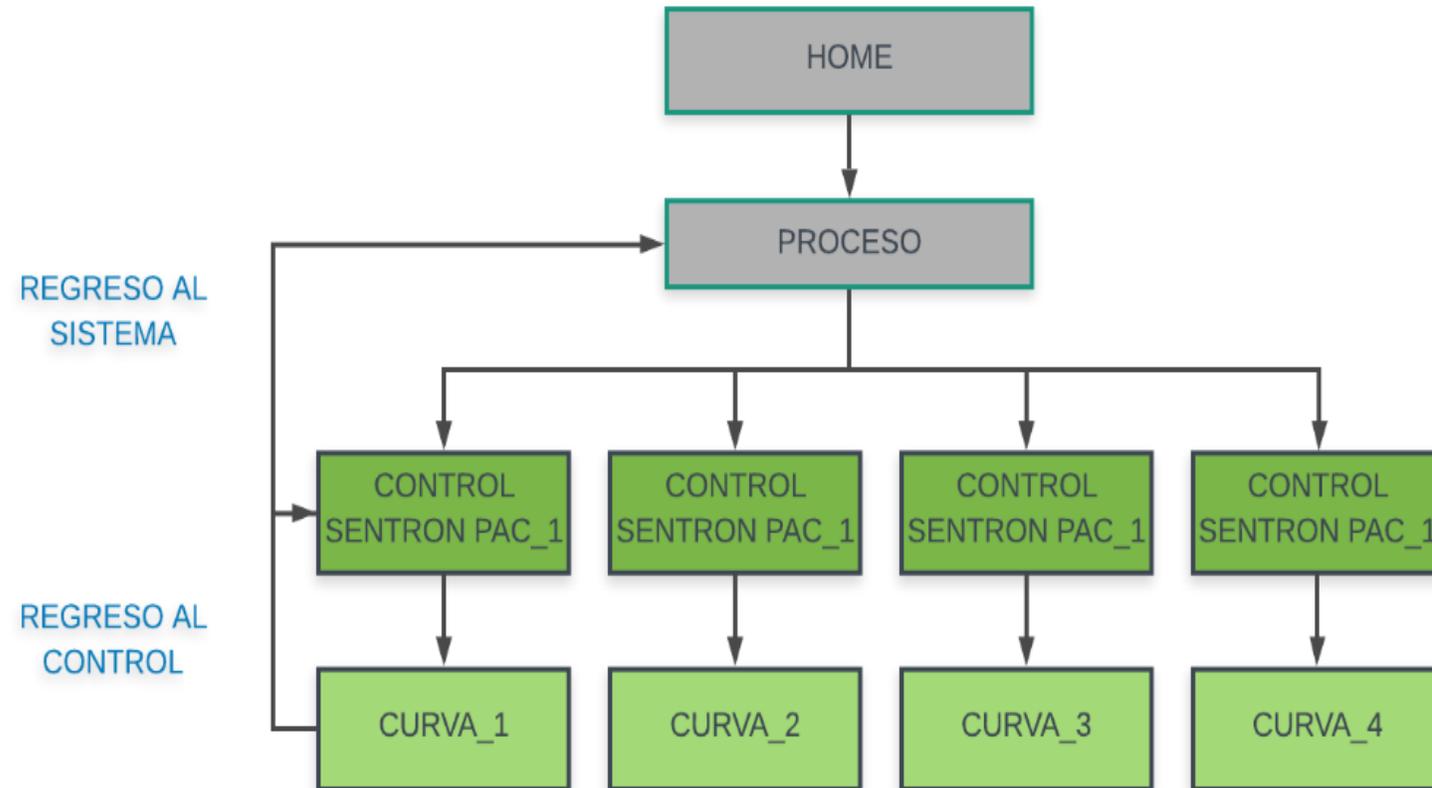
Implementación del Sistema

Configuración de red entre los dispositivos.



Implementación del Sistema

Interfaz gráfica del sistema computador maestro.



Implementación del Sistema

Diseño de pantallas del sistema.

SALUD DEL SISTEMA

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
EP LATACUNGA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ANÁLISIS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO DE ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

ELABORADO POR:
CRISTIAN PAUL BELTRÁN GALLO
DARÍO JAVIER CAMPOS LLERENA

PROCESO



MEDIDOR DE ENERGÍA - SENTRON PAC 3200-MESA 4

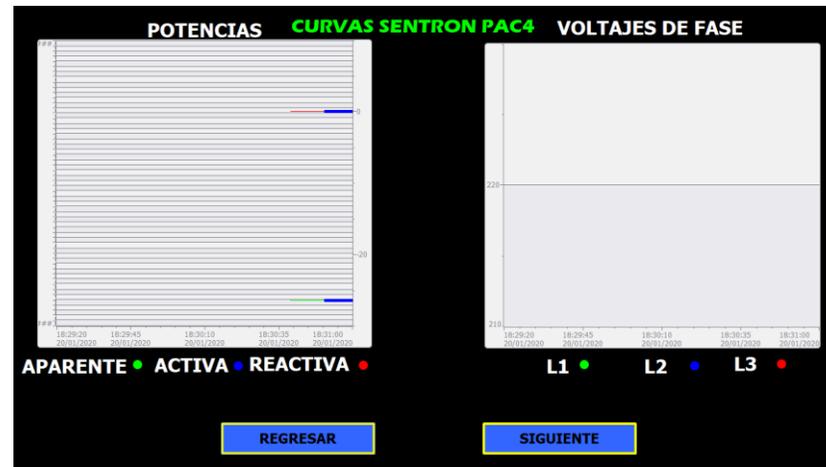
POTENCIAS INDIVIDUALES

VOLTAJES DE FASE		CORRIENTES DE LÍNEA		APARENTE		ACTIVA		REACTIVA	
VOLTAJE L1-L2	0,000	CORRIENTE L1	0,000	LINEA 1	0,000	LINEA1	0,000	LINEA 1	+0,000
VOLTAJE L2-L3	0,000	CORRIENTE L2	0,000	LINEA2	0,000	LINEA 2	0,000	LINEA 2	+0,000
VOLTAJE L3-L1	0,000	CORRIENTE L3	0,000	LINEA 3	0,000	LINEA 3	0,000	LINEA 3	+0,000

THD-R VOLTAJE		THD-R CORRIENTE		POTENCIAS TOTALES	
THD-R L1	0,000	THD-R L1	0,000	POTENCIA APARENTE TOTAL	0,000
THD-R L2	0,000	THD-R L2	0,000	POTENCIA ACTIVA TOTAL	0,000
THD-R L3	0,000	THD-R L3	0,000	POTENCIA REACTIVA TOTAL	+0,000

FRECUENCIA: 0,000
FACTOR DE POTENCIA: 0,000

PROCESO GENERAL **CURVAS**



Implementación del Sistema

Creación de la base de datos en formato .csv.

```
4 Do
5 'Declarar las variables
6 Dim FolderWay, ObjectWay, FileName, File, FileExist, Apendix, Row
7 'Direccionamiento y creación de una carpeta
8 FolderWay="C:\Reportes_PC_Maestro"
9 'Crear carpeta en caso de no existir
10 Set ObjectWay=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
11 If Not ObjectWay.FolderExists(FolderWay) Then
12     ObjectWay.CreateFolder FolderWay
13 End If
14 'Declarar el nombre del archivo para la mesa de trabajo 1
15 FileName="Mesal.csv"
16 'crear el 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 crear los encabezados
21     File.CreateTextFile(FolderWay & "\" & FileName)
22     Set Apendix = File.OpenTextFile(FolderWay & "\" & FileName,8)
23     Apendix.WriteLine(";;;UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPEL")
24     Apendix.WriteLine(";;;MONITOREO MESA DE TRABAJO 1")
25     Apendix.WriteLine(" FECHA; HORA; VOLTAJE L1-L2 [V]; VOLTAJE L2-L3 [V]; VOLTAJE L3-L1 [V]; CORR
26     Apendix.Close
27     Set File= Nothing
```



Pruebas de funcionamiento del Sistema

Para realizar estas pruebas se implementó un circuito con una sola central de medida en el sistema y conectando varias cargas durante todas las pruebas, para visualizar e interpretar que ocurre con los valores de los parámetros eléctricos al tener distintos tipos de carga. Los valores almacenados por medio de una base de datos en el disco C del computador maestro pueden ser utilizados posteriormente para el análisis respectivo.



Pruebas de funcionamiento

Datos técnicos.

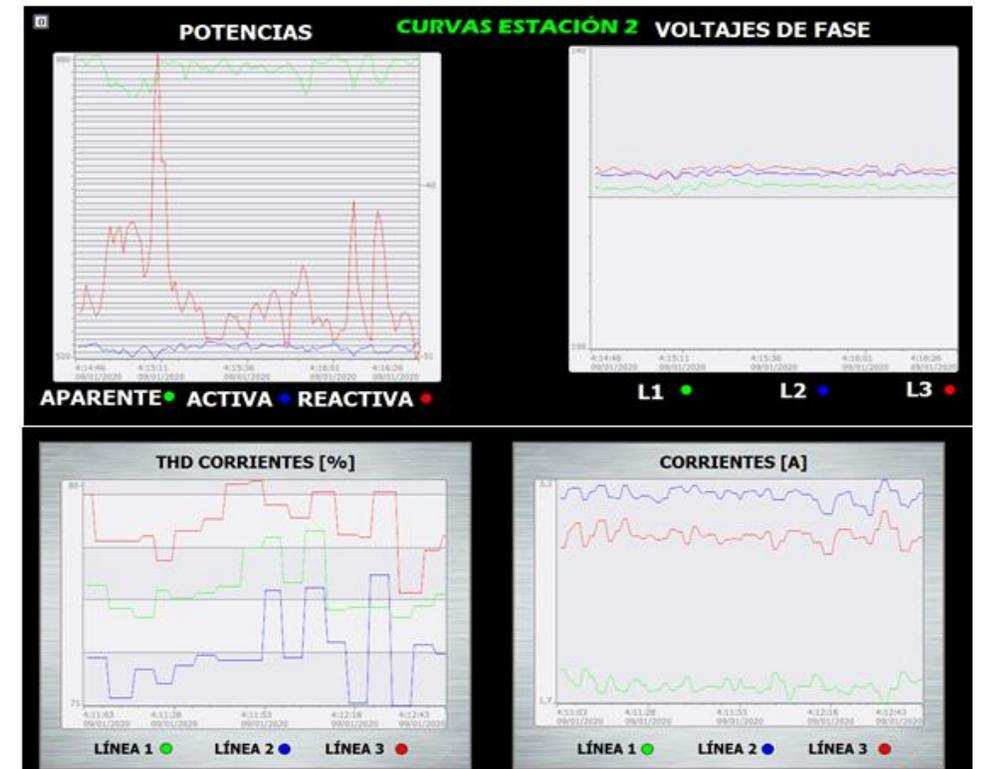
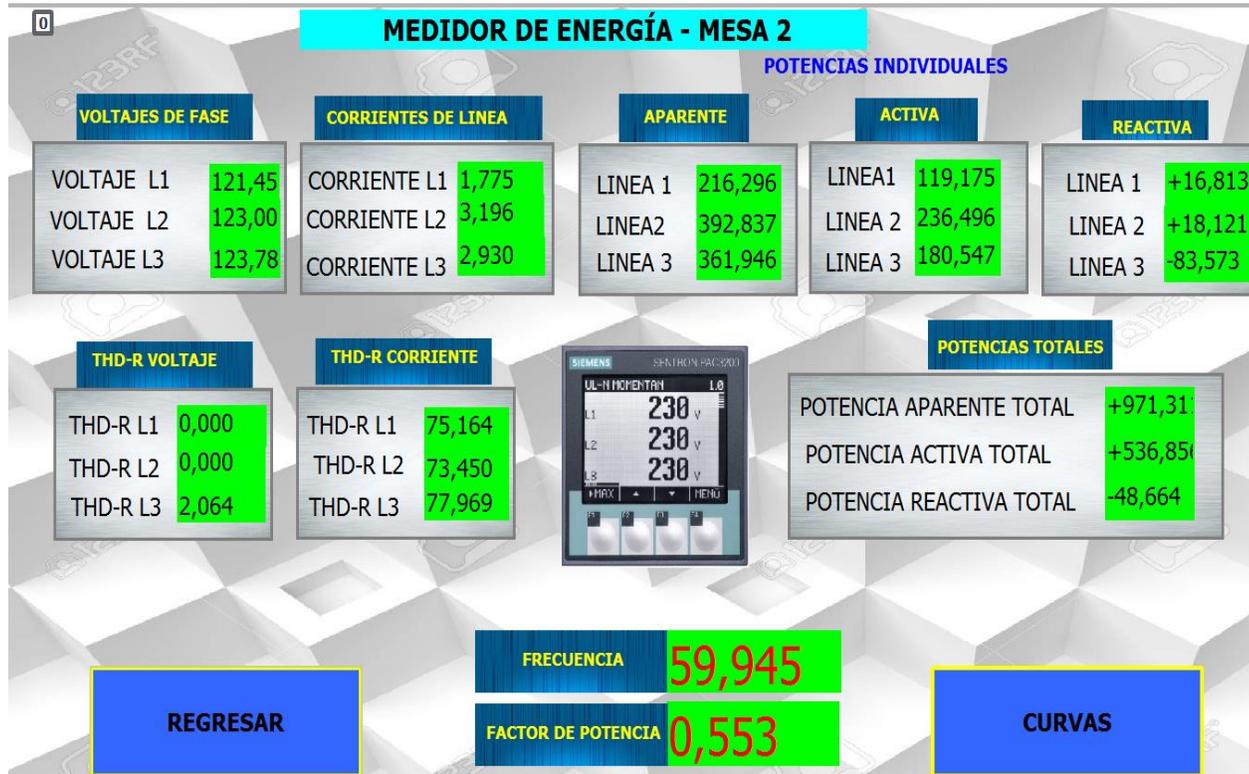
MOTOR ASINCRÓNICO TRIFÁSICOS	
VOLTAJE	220 V_AC
CORRIENTE	1,75 A
POTENCIA	0,3 KW
RPM	1630/min
PROTECCIÓN IP	00
FRECUENCIA	60 Hz
COD	004,003

MOTOR DC	
VOLTAJE	220 V_CC
CORRIENTE	1,9 A
POTENCIA	0,27 KW
RPM	1380/min
PROTECCIÓN IP	00
FRECUENCIA	—
COD	004,060



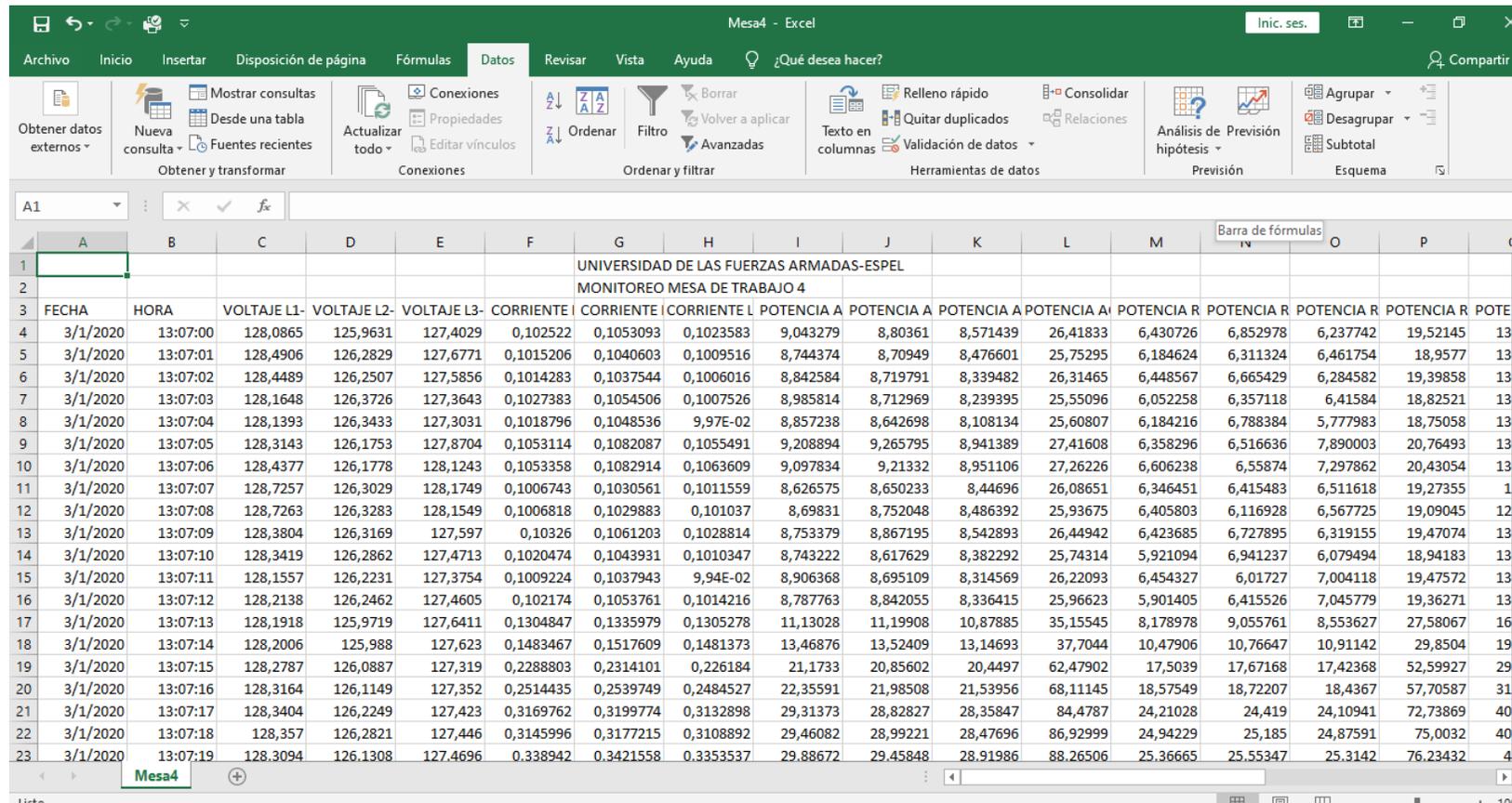
Pruebas de funcionamiento del Sistema

Prueba de mediciones de las variables eléctricas con sus gráficas.



Pruebas de funcionamiento del Sistema

Creación de la base de datos en formato .csv



The screenshot displays the Microsoft Excel interface with the 'Datos' (Data) ribbon selected. The spreadsheet contains a table with the following data:

FECHA	HORA	VOLTAJE L1-	VOLTAJE L2-	VOLTAJE L3-	CORRIENTE	CORRIENTE	CORRIENTE L	POTENCIA A	POTENCIA A	POTENCIA A	POTENCIA R	POTENCIA R	POTENCIA R	POTENCIA R	POTE
3/1/2020	13:07:00	128,0865	125,9631	127,4029	0,102522	0,1053093	0,1023583	9,043279	8,80361	8,571439	26,41833	6,430726	6,852978	6,237742	19,52145
3/1/2020	13:07:01	128,4906	126,2829	127,6771	0,1015206	0,1040603	0,1009516	8,744374	8,70949	8,476601	25,75295	6,184624	6,311324	6,461754	18,9577
3/1/2020	13:07:02	128,4489	126,2507	127,5856	0,1014283	0,1037544	0,1006016	8,842584	8,719791	8,339482	26,31465	6,448567	6,665429	6,284582	19,39858
3/1/2020	13:07:03	128,1648	126,3726	127,3643	0,1027383	0,1054506	0,1007526	8,985814	8,712969	8,239395	25,55096	6,052258	6,357118	6,41584	18,82521
3/1/2020	13:07:04	128,1393	126,3433	127,3031	0,1018796	0,1048536	9,97E-02	8,857238	8,642698	8,108134	25,60807	6,184216	6,788384	5,777983	18,75058
3/1/2020	13:07:05	128,3143	126,1753	127,8704	0,1053114	0,1082087	0,1055491	9,208894	9,265795	8,941389	27,41608	6,358296	6,516636	7,890003	20,76493
3/1/2020	13:07:06	128,4377	126,1778	128,1243	0,1053358	0,1082914	0,1063609	9,097834	9,21332	8,951106	27,26226	6,606238	6,55874	7,297862	20,43054
3/1/2020	13:07:07	128,7257	126,3029	128,1749	0,1006743	0,1030561	0,1011559	8,626575	8,650233	8,44696	26,08651	6,346451	6,415483	6,511618	19,27355
3/1/2020	13:07:08	128,7263	126,3283	128,1549	0,1006818	0,1029883	0,101037	8,69831	8,752048	8,486392	25,93675	6,405803	6,116928	6,567725	19,09045
3/1/2020	13:07:09	128,3804	126,3169	127,597	0,10326	0,1061203	0,1028814	8,753379	8,867195	8,542893	26,44942	6,423685	6,727895	6,319155	19,47074
3/1/2020	13:07:10	128,3419	126,2862	127,4713	0,1020474	0,1043931	0,1010347	8,743222	8,617629	8,382292	25,74314	5,921094	6,941237	6,079494	18,94183
3/1/2020	13:07:11	128,1557	126,2231	127,3754	0,1009224	0,1037943	9,94E-02	8,906368	8,695109	8,314569	26,22093	6,454327	6,01727	7,004118	19,47572
3/1/2020	13:07:12	128,2138	126,2462	127,4605	0,102174	0,1053761	0,1014216	8,787763	8,842055	8,336415	25,96623	5,901405	6,415526	7,045779	19,36271
3/1/2020	13:07:13	128,1918	125,9719	127,6411	0,1304847	0,1335979	0,1305278	11,13028	11,19908	10,87885	35,15545	8,178978	9,055761	8,553627	27,58067
3/1/2020	13:07:14	128,2006	125,988	127,623	0,1483467	0,1517609	0,1481373	13,46876	13,52409	13,14693	37,7044	10,47906	10,76647	10,91142	29,8504
3/1/2020	13:07:15	128,2787	126,0887	127,319	0,2288803	0,2314101	0,226184	21,1733	20,85602	20,4497	62,47902	17,5039	17,67168	17,42368	52,59927
3/1/2020	13:07:16	128,3164	126,1149	127,352	0,2514435	0,2539749	0,2484527	22,35591	21,98508	21,53956	68,11145	18,57549	18,72207	18,4367	57,70587
3/1/2020	13:07:17	128,3404	126,2249	127,423	0,3169762	0,3199774	0,3132898	29,31373	28,82827	28,35847	84,4787	24,21028	24,419	24,10941	72,73869
3/1/2020	13:07:18	128,357	126,2821	127,446	0,3145996	0,3177215	0,3108892	29,46082	28,99221	28,47696	86,92999	24,94229	25,185	24,87591	75,0032
3/1/2020	13:07:19	128,3094	126,1308	127,4696	0,338942	0,3421558	0,3353537	29,88672	29,45848	28,91986	88,26506	25,36665	25,55347	25,3142	76,23432



Cálculo de error del sistema

Cálculo del Error con dos dispositivos de medida al conectar un motor asincrónico trifásico funcionando en vacío mediante un variador de frecuencia a 60 Hz

	MAGNITUDES				
Equipos	THD-R L1	THD-R L2	THD-R L3	FP	IL1
Sentron Pac_3200	86,55	82,54	88,19	0,393	0,6
Fluke 434	89,1	88,4	92,9	0,39	0,6
	ERROR (%)				
	2,94	6,62	5,34	0,76	0



Cálculo de error del sistema

Cálculo del Error con dos dispositivos de medida al conectar un motor asincrónico trifásico funcionando a plena carga mediante un variador de frecuencia a 60 Hz.

	MAGNITUDES				
Equipos	THD-R L1	THD-R L2	THD-R L3	FP	IL1
Sentron Pac_3200	77,90	76,32	79,51	0,54	2,0 6
Fluke 434	82,1	82,1	85,7	0,54	2,1
	ERROR (%)				
	5,39	7,57	7,78	0	1,9



Cálculo de error del sistema

Cálculo de error promedio en base a datos de dos pruebas más representativas

Cálculo de error promedio						
	THD-R L1	THD-R L2	THD-R L3	FP	IL1	Promedio total
ERROR (%)	2,94	6,62	5,34	0,76	0	3,13
ERROR (%)	5,39	7,57	7,78	0	1,9	4,52
Promedio Error	4.16	7.09	6,56	0,38	0.95	3,82



Cálculo de error del sistema

Cálculo de error en el conversor AC/DC controlado con motor DC bajo carga

	MAGNITUDES				
Equipos	THD-R CORRIENTE	FP	CORRIENTE	FP	IL1
Sentron Pac_3200	27	0,74	1,22	0,54	2,06
Fluke 434	28	0,72	1,2	0,54	2,1
	ERROR (%)				
	3,5	2,75	1,6	0	1,9



Conclusiones

- Se diseñó e implementó un módulo didáctico con cuatro centrales de medida Sentron PAC_3200 y una interfaz gráfica de tipo industrial, para el monitoreo de la energía eléctrica en cada una de las estaciones de trabajo obteniendo reportes en una base de datos en formato .csv compatible con Excel.
- Para el monitoreo del sistema se utilizó un controlador lógico programable Siemens 1214 AC/DC/RLY enlazando a las centrales de medida de cada estación mediante una red de comunicación en estrella que se encarga de transmitir los datos de las variables eléctricas a un PC_System HMI.
- Con el uso de PC_System HMI se logró la creación de pantallas con interfaces amigables al usuario que consta de 14 imágenes para el PC_ MAESTRO y 5 imágenes por cada una de las PC_ESTACIÓN siendo un total de 34 imágenes del sistema, ayudando a la visualización de variables como: voltajes de fase, corrientes de línea, potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva, potencias totales, THD_R de voltaje, THD_R de corriente, frecuencia y factor de potencia; y generando curvas de potencias, voltajes de línea, THD_R de corriente.



Conclusiones

- De acuerdo a la comparación de datos obtenidos con las centrales de medida Sentron PAC_3200 frente al analizador Fluke 434 se determina un error aproximado del 2.61% en las mediciones, de esta manera se comprueba que el sistema es confiable ante cualquier aplicación.
- Cada una de las centrales de medida están implementadas de tal forma que permiten trabajar de modo individual sin conexión a red y con acceso a ella y de igual manera integrando las cuatro estaciones de trabajo.



Recomendaciones

- Para realizar las mediciones en las centrales de medida es recomendable revisar el tipo de conexión que se va utilizar, rango de medición de los TC's, y verificar si se encuentra con la IP correcta para tener una comunicación fluida con el controlador.
- Para realizar las mediciones sin TC's la relación de transformación es de 5A en el primario y 5A en el secundario, si requiere medir variables eléctricas industriales de más potencia es necesario implementar TC's de corriente a cada central de medida.
- Cada uno de los módulos Sentron Pac_3200 tienen una salida digital, se recomienda emplearla en: activación de alarmas sonoras y visuales, desconexión de la carga, etc.



Recomendaciones

- Para el reseteo de las centrales de medida en caso de ser necesario tomar en cuenta que el parámetro de la dirección IP no debe ser seleccionado. Si se llegara a originar un reseteo general será necesario asignar nuevamente la dirección IP correspondiente a la central de medida.
- Para la realización de las prácticas a través del sistema con los módulos didácticos implementados, se recomienda leer las guías de las prácticas que se anexan en este trabajo.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



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