



Modelación matemática de un sistema de control de parámetros eléctricos corriente, voltaje y factor de potencia utilizando software libre

Mathematical modeling of a control system of current, voltage and power factor electrical parameters using free software

Modelagem matemática de um sistema de controle de parâmetros elétricos de corrente, tensão e fator de potência utilizando software livre

María Verónica Albuja-Landi ^I
maria.albuja@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5959-1429>

Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo ^{II}
smbonilla@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6382-9698>

Fredy Romero ^{III}
fredy_romero@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2512-0159>

Álvaro Gabriel Benítez-Bravo ^{IV}
idu044950@usal.es
<https://orcid.org/000-0001-7458-9370>

Correspondencia: maria.albuja@esPOCH.edu.ec

Ciencias Matemáticas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 20 de febrero de 2023 ***Aceptado:** 21 de marzo de 2023 * **Publicado:** 27 de abril de 2023

- I. Docente Investigadora, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Docente Investigadora, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Universidad de Salamanca, Salamanca, España.

Resumen

Se diseñó un sistema de control y monitoreo de parámetros eléctricos mediante el lenguaje de programación Python.

La programación en el PLC S7-1200 se la realizó en el TIA PORTAL, mediante la comunicación Modbus se acoplo el variador de frecuencia SIMATICS V20 y el medidor de parámetros eléctricos SENTRON PAC 3100, que permiten obtener los datos que posteriormente se reflejaran en la HMI. Mediante el lenguaje de programación Python utilizando la librería Snap7 se logró desarrollar el código de la interfaz gráfica, esta muestra los datos en tiempo real de los parámetros eléctricos requeridos en el proceso.

Mediante comparación de datos se calculó el error relativo permisible, llegando a obtener como resultado que los valores de las variables medidas mediante equipos físicos y mostradas en el HMI, no superan el 1%, es decir son los datos de alta confiabilidad.

Palabras Claves: Python; HMI; Simatics V20; Sentron Pac 3100; Modbus; Snap7; Lenguaje de Programación; Parámetros Eléctricos; Interfaz Gráfica.

Abstract

A control and monitoring system for electrical parameters was designed using the Python programming language.

The programming in the S7-1200 PLC was carried out in the TIA PORTAL, through Modbus communication the SIMATICS V20 frequency inverter and the SENTRON PAC 3100 electrical parameter meter were coupled, which allow obtaining the data that will later be reflected in the HMI.

Through the Python programming language using the Snap7 library, it was possible to develop the graphical interface code, which shows the real-time data of the electrical parameters required in the process.

Through data comparison, the permissible relative error was calculated, obtaining as a result that the values of the variables measured by physical equipment and displayed on the HMI do not exceed 1%, that is, they are highly reliable data.

Keywords: Learning, Students, Didactic Process, Narrative.

Resumo

Um sistema de controle e monitoramento de parâmetros elétricos foi projetado utilizando a linguagem de programação Python.

A programação no PLC S7-1200 foi realizada no TIA PORTAL, através da comunicação Modbus foram acoplados o inversor de frequência SIMATICS V20 e o medidor de parâmetros elétricos SENTRON PAC 3100, que permitem obter os dados que posteriormente serão refletidos na HMI. Através da linguagem de programação Python utilizando a biblioteca Snap7, foi possível desenvolver o código da interface gráfica, que mostra os dados em tempo real dos parâmetros elétricos requeridos no processo.

Por meio da comparação dos dados, foi calculado o erro relativo permissível, obtendo como resultado que os valores das variáveis medidas pelos equipamentos físicos e exibidas na HMI não ultrapassam 1%, ou seja, são dados altamente confiáveis.

Palavras-chave: Aprendizagem, Alunos, Processo Didático, Narrativa.

Introducción

El sistema basado en software libre equipara en funcionalidad, rapidez y eficiencia a un sistema con licencias de paga, ejecutando las mismas órdenes con tiempos de respuesta similares, abaratando costos a las pequeñas y medianas industrias.

La obtención de los parámetros eléctricos (corriente, velocidad, frecuencia, temperatura), ayudan de forma rápida y eficiente a comprobar el estado y comportamiento de el o los equipos sometidos a estudio.

Mediante las redes utilizadas aseguramos que los datos obtenidos mediante el supervisor de red lleguen al dispositivo de control en forma fiable y rápida con la mínima pérdida de datos.

Los procesos pueden variar de acuerdo con su aplicación en planta, pero realizan las mismas actividades que son la recolección de información entre dispositivos, el accionamiento de actuadores o inicialización de procesos de acuerdo a algún algoritmo programado,

El desarrollo del software libre permite que, gracias al trabajo cooperativo, un proyecto evolucione.

El desarrollo con software libre garantiza que un proyecto no pueda ser cancelado unilateralmente por las razones que fuesen, es decir, siempre y cuando existan interesados en continuar con el proyecto, éste seguirá desarrollándose (J. M. Hernández. “Software Libre: Técnicamente Viable, Económicamente Sostenible y Socialmente Justo”. 2005).

Según el Instituto Nacional de Ciberseguridad de España S.A. en su página de internet, existen algunos sistemas SCADA de visualización que son libre es decir no requiere de una licencia de paga, entre los que se puede mencionar. ScadaBR es un sistema de control completo que funciona en sistemas operativos Windows (Windows XP y Windows 7), disponible en la licencia de código abierto (software libre) desarrollado a partir de un proyecto de investigación. El software ha sido desarrollado en el marco de la CERTI.

La empresa proporciona una versión de evaluación que tiene las siguientes restricciones:

- No se puede utilizar más de 16 etiquetas en el proyecto.
- No se puede importar proyectos.
- El período de evaluación es de 60 días.

A nivel Nacional en Ecuador se ha desarrollado sistemas HMI-SCADA con software libre en total de dos documentos es por eso que el desarrollo de este proyecto tiene como finalidad realizar este diseño para que pueda ser asequible a las pequeñas y medianas empresas que deseen expandir su visión la cual tiene por objetivo abaratar los costos, obteniendo una herramienta para el control y monitoreo de sus procesos.

Metodología

Se implementa el tablero de control, se diseña la red de comunicaciones y se desarrolla la interfaz gráfica programada en Python, con la finalidad de cumplir los objetivos planteados y demostrar la hipótesis.

Con esta implementación enlazaremos el PLC S7 – 1200 junto con el variador de frecuencia Sinamics V20 concatenados con el resto de los elementos que complementan el sistema de control. La programación se realizó en base a los requerimientos de los procesos a controlar, mediante el software TIA-PORTAL, se detalla a continuación:

En la configuración del dispositivo para el proyecto se ha seleccionado el CPU 1214 C AC/DC/RLY, bajo las necesidades del proyecto. Se define también el módulo de comunicación a utilizar, para este proyecto es el CM1241 RS 422/485 y el módulo de dos salidas analógicas SM1232 AQ.

Resultados

Con el desarrollo del proyecto basada en software libre se contribuye a que pequeñas y medianas empresas tengan acceso a tecnología de calidad a un precio accesible, incrementando así su capacidad de competitividad en el mercado.

El sistema basado en software libre equipara en funcionalidad, rapidez y eficiencia a un sistema con licencias de paga, ejecutando las mismas órdenes con tiempos de respuesta similares, abaratando costos a las pequeñas y medianas industrias.

La obtención de los parámetros eléctricos (corriente, voltaje y factor de potencia), ayudan de forma rápida y eficiente a comprobar el estado y comportamiento de el o los equipos sometidos a estudio.

Evaluación de variables

Vamos a comparar las variables dependientes e independientes, tomando en cuenta que lo que queremos comprobar es que los datos tomados en línea de producción sean semejantes a los generados en la Interfaz HMI, con el software libre.

A continuación, se muestra un estudio de las variables, Voltaje, Corriente, para comprobar una parte de nuestra hipótesis.

Voltaje (voltios)

La evaluación del voltaje medido en voltios, se realizó a partir de una comparación entre los voltajes tomadas al mismo tiempo con un voltmetro y el resultado de la programación en la interfaz, que recibe los datos del variador de frecuencia.

En la tabla 1-2, se muestra 20 medidas de voltaje tomadas cada 5 % de voltaje.

Dichas medidas fueron tomadas tanto con el voltmetro, como con el resultado de la programación en la interfaz, que recibe los datos del variador de frecuencia.

Tabla 1-2 Mediciones de voltaje

N° ensayo	% Velocidad Máxima	Voltímetro (Vol)	Programación en la Interfaz. (Vol)
1	5	218	218
2	10	218	218
3	15	219	219
4	20	221	221
5	25	222	222
6	30	210	210
7	35	220	220
8	40	220	220
9	45	220	220
10	50	220	220
11	55	218	218
12	60	210	210
13	65	220	220
14	70	210	210
15	75	218	218
16	80	219	219
17	85	220	220
18	90	220	220
19	95	220	220
20	100	220	220

Realizado por: Fredy Romero, 2022

Realizando la curva del porcentaje de voltaje colocado en el sistema versus las medidas tomadas tanto con el instrumento como con el sistema nos damos cuenta de que es linealmente creciente, a más porcentaje de velocidad mayor revoluciones del motor.

Además, se puede notar la mínima desviación estándar de los datos, en ambas tomas.

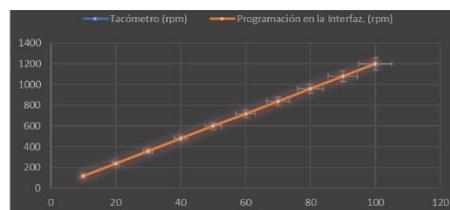


Figura 1-1 % VOLTAJE VS VELOCIDAD MOTOR

Realizado por: Fredy Romero, 2022

Prueba de normalidad para la variable voltaje (vol) con el voltímetro

Se desea determinar si los datos nacen de una distribución normal, para identificar después si existe alguna variación con la variable voltaje con la Interfaz, para lo cual seguimos los siguientes pasos:

1. Planteamos hipótesis.

H0: Los datos se ajustan a una distribución normal

H1: Los datos NO se ajustan a una distribución normal

2. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
3. Utilizando el SOFTWARE R encontramos:
4. $W_c = 0.905$
5. Tomamos una decisión:

Como $W > W_c$, no rechazamos la hipótesis nula y concluimos que no existe evidencia suficiente para decir bajo el nivel de significancia de 0.05 que los datos no se ajustan a una distribución normal.

Por lo tanto, los datos de la variable *voltaje (vol) con el voltímetro* provienen de una distribución normal.

Prueba de normalidad para la variable velocidad (rpm) con la Interfaz

Se desea determinar si los datos nacen de una distribución normal, para identificar después si existe alguna variación con la variable voltaje (vol) con el voltímetro, para lo cual seguimos los siguientes pasos:

1. Planteamos hipótesis.

H0: Los datos se ajustan a una distribución normal

H1: Los datos NO se ajustan a una distribución normal

2. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
3. Utilizando el SOFTWARE R encontramos:

```
> shapiro.test(INFERFAZ)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  INFERFAZ
W = 0.96069, p-value = 0.5578
```

4. $W_c = 0.905$
5. Tomamos una decisión:

Como $W > W_c$, no rechazamos la hipótesis nula y concluimos que no existe evidencia suficiente para decir bajo el nivel de significancia de 0.05 que los datos no se ajustan a una distribución normal.

Por lo tanto, los datos de la variable *voltaje (vol) con la Interfaz* provienen de una distribución normal.

Prueba de diferencia de medias

Para el análisis estadístico se aplicará el contraste de medias con la prueba t-student y se utilizará la distribución t-student porque los datos a analizar son menores de 30.

1. $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Medias Iguales) El parámetro velocidad medido en el Sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro voltaje medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias.
2. $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (Medias distintas) El parámetro velocidad medido en el Sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre no es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro voltaje medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias.

1. $\alpha = 0.05$

- 2.

Región Crítica: Para definir la región crítica, calculamos los grados de libertad:

$$\text{Grados de libertad} = (n_1 + n_2 - 1) = (20 + 20 - 1) = 39$$

n_1 = Número de datos del primer grupo

n_2 = Número de datos del segundo grupo

$$t_{(0,05; 39)} \geq 2,02$$

3. Utilizando el SOFTWARE R encontramos

```
Welch Two Sample t-test
data:  TACOMETRO and INTERFAZ
t = -0.0079837, df = 38, p-value = 0.9937
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -229.1091  227.3091
sample estimates:
mean of x mean of y
  620.55    629.45
```

4. $T_c = 1.64$

$$-T_c = -1.64$$

5. Como $p = 0.9937$ es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (o también $-T_c < T < T_c$) aceptamos la hipótesis nula y concluimos que no existe evidencia suficiente para decir bajo el nivel de significancia planteado que las medias poblacionales son distintas.

Es decir, El parámetro voltaje medido en el Sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro voltaje medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias, ayudando de forma rápida y eficiente a comprobar el estado y comportamiento de el o los equipos de cualquier proceso, con la mínima perdida de datos en forma fiable y rápida.

Corriente (Amperios)

La evaluación de la corriente medida en amperios, utilizado en el presente trabajo, se realizó a partir de una comparación entre las corrientes tomadas al mismo tiempo con una Pinza Amperimétrica y el resultado de la programación en la interfaz, que recibe los datos del variador de frecuencia.

En la tabla 1-4 se muestra 20 medidas de corriente tomadas cada 5 % de velocidad. Dichas medidas fueron tomadas tanto con la pinza amperimétrica, como con el resultado de la programación en la interfaz, que recibe los datos del variador de frecuencia.

Tabla 1-4 Mediciones de corriente

Nº ensayo	% Velocidad Máxima	Pinza amperimétrica (amperios)	Programación en la Interfaz. (rpm)
1	5	1,6	1,7
2	10	1,7	1,6
3	15	2,1	1,8
4	20	2,1	2
5	25	2,2	2
6	30	2,1	2
7	35	2,1	2,1
8	40	2,2	2
9	45	2	2,1
10	50	2,1	2
11	55	2,2	2,1
12	60	2,1	2
13	65	2,1	2
14	70	2,1	2
15	75	2,1	2
16	80	2	2,1
17	85	2	2,2
18	90	2	2,2
19	95	2,1	2,1
20	100	2	2,1

Realizado por: Fredy Romero, 2022

Realizando la curva del porcentaje de velocidad colocado en el sistema versus las medidas tomadas tanto con el instrumento como con el sistema nos damos cuenta de que es la corriente se mantiene constante durante todo el proceso.

Además, se puede notar la mínima desviación estándar de los datos, en ambas tomas.

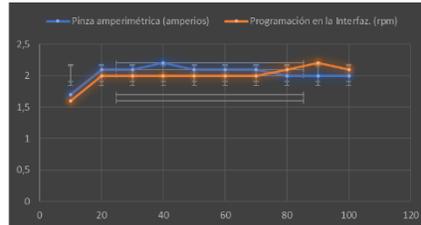


Figura 1-2 % VOLTAJE VS CORRIENTE

Realizado por: Fredy Romero, 2022

Prueba de normalidad para la variable corriente (amperios) con la pinza amperimétrica

Se desea determinar si los datos nacen de una distribución normal, para identificar después si existe alguna variación con la variable corriente (amperios) con la Interfaz, para lo cual seguimos los siguientes pasos:

1. Planteamos hipótesis.

H0: Los datos se ajustan a una distribución normal

H1: Los datos NO se ajustan a una distribución normal

2. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
3. Utilizando el SOFTWARE R encontramos:

```
> shapiro.test(AMPERIMETRO)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  AMPERIMETRO
W = 0.72293, p-value = 0.00007524
```

4. $W_c = 0.905$
5. Tomamos una decisión:

Como $W < W_c$, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe evidencia suficiente para decir bajo el nivel de significancia de 0.05 que los datos no se ajustan a una distribución normal.

Por lo tanto, los datos de la variable *corriente (amperios) con la pinza amperimétrica* no provienen de una distribución normal.

Prueba de normalidad para la variable corriente (amperios) con la Interfaz

Se desea determinar si los datos nacen de una distribución normal, para identificar después si existe alguna variación con la variable corriente (amperios) con la pinza amperimétrica, para lo cual seguimos los siguientes pasos:

1. Planteamos hipótesis.

H₀: Los datos se ajustan a una distribución normal

H₁: Los datos NO se ajustan a una distribución normal

2. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
3. Utilizando el SOFTWARE R encontramos:

```
> shapiro.test(INTRFAZAMPER)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  INTRFAZAMPER
W = 0.81026, p-value = 0.001234
```

4. $W_c = 0.905$
5. Tomamos una decisión:

Como $W < W_c$, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe evidencia suficiente para decir bajo el nivel de significancia de 0.05 que los datos no se ajustan a una distribución normal.

Por lo tanto, los datos de la variable *corriente (amperios) con la Interfaz no* provienen de una distribución normal.

Prueba de Wilcoxon (Prueba de medianas)

Al no venir estos datos de una distribución normal, no podemos utilizar una prueba paramétrica, por lo que utilizaremos una prueba no paramétrica para probar la igualdad de medianas.

1. $H_0: \tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2$ (Medianas Iguales) El parámetro corriente medido en el sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro corriente medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias.

2. $H_1: \tilde{\mu}_1 > \tilde{\mu}_2$ (Medianas distintas) El parámetro corriente medido en el sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre no es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro corriente medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias.

1. $n_1 = 20$

$n_2 = 20$

2. Ordenamos de menor a mayor las observaciones de las 2 muestras mezcladas.
3. Asignamos un rango de 1, 2, ... a cada observación ordenada. Si la observación se repite, el rango asignado será la media de los rangos que debieron corresponder a cada uno.
4. Utilizando el SOFTWARE R encontramos:

```
> wilcox.test(x = AMPERIMETRO, y = INTREAZAMPER, alternative = "greater")
      Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  AMPERIMETRO and INTREAZAMPER
W = 246.5, p-value = 0.09377
alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

5. El valor crítico

$u_c = 261$

6. Finalmente tomamos una decisión:

Para una prueba a cola derecha, como $u_B = 246.6$ es menor que el valor crítico $u_c = 261$ (o también $p > \alpha$), entonces apruebo H_0 , y concluyo que existe evidencia suficiente para decir que las medianas son iguales.

Es decir, El parámetro corriente medido en el Sistema de control y monitoreo realizado a través del software libre es igual en funcionalidad, rapidez y eficiencia a el parámetro corriente medido por un instrumento utilizado en las pequeñas y medianas industrias, ayudando de forma rápida y eficiente a comprobar el estado y comportamiento de el o los equipos de cualquier proceso, con la mínima perdida de datos en forma fiable y rápida.

Almacenamiento de datos

Es indispensable tener un registro de almacenamiento de datos en tiempo real, de los diferentes parámetros eléctricos, para lo cual se ha establecido un diagrama con las diferentes entradas de los parámetros a almacenar, el dispositivo lee según los tiempos establecidos por el usuario y va almacenando cada uno de los datos indicando la fecha y hora de adquisición de este. El proceso se

lo realiza desde la puesta en marcha hasta el momento en que se da stop es decir se detiene el proceso.

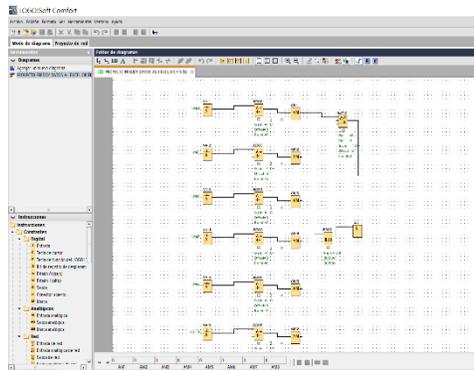
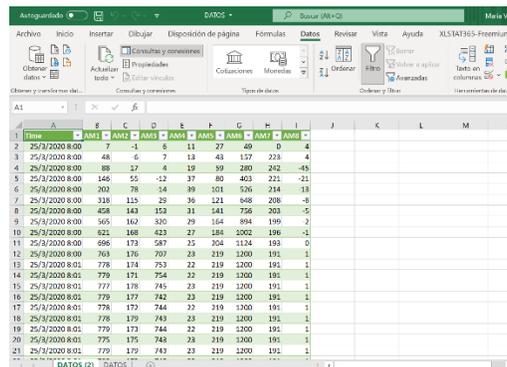


Figura 1-3 Diagrama de almacenamiento de datos

Realizado por: Fredy Romero, 2022

Los datos obtenidos se importan a un archivo de Excel, en el que podemos procesar la información de cada uno de los parámetros eléctricos realizados en esta investigación.

Estos datos son fundamentales para que el usuario pueda mantener un registro necesario para programar mantenimientos, o visualizar en funcionamiento adecuado de sus procesos.



Time	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5	AM6	AM7	AM8
25/3/2020 8:00	7	-5	6	11	27	49	0	4
25/3/2020 8:00	48	6	7	18	41	127	228	4
25/3/2020 8:00	88	17	4	19	39	280	242	-45
25/3/2020 8:00	146	55	-12	37	80	403	221	-21
25/3/2020 8:00	202	78	14	39	101	526	234	-18
25/3/2020 8:00	318	115	29	36	121	648	208	-8
25/3/2020 8:00	458	143	153	31	141	756	202	-5
25/3/2020 8:00	565	162	520	29	164	894	195	2
25/3/2020 8:00	621	168	423	27	184	1002	196	-1
25/3/2020 8:00	686	173	587	25	204	1124	192	0
25/3/2020 8:00	763	176	707	23	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	778	174	753	22	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	779	171	754	22	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	777	176	745	23	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	779	177	742	23	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	778	172	744	22	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	778	179	743	23	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	779	173	744	22	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	775	175	743	23	219	1200	191	1
25/3/2020 8:01	779	172	743	23	219	1200	191	1

Figura 1-3 Excel de recolección de datos

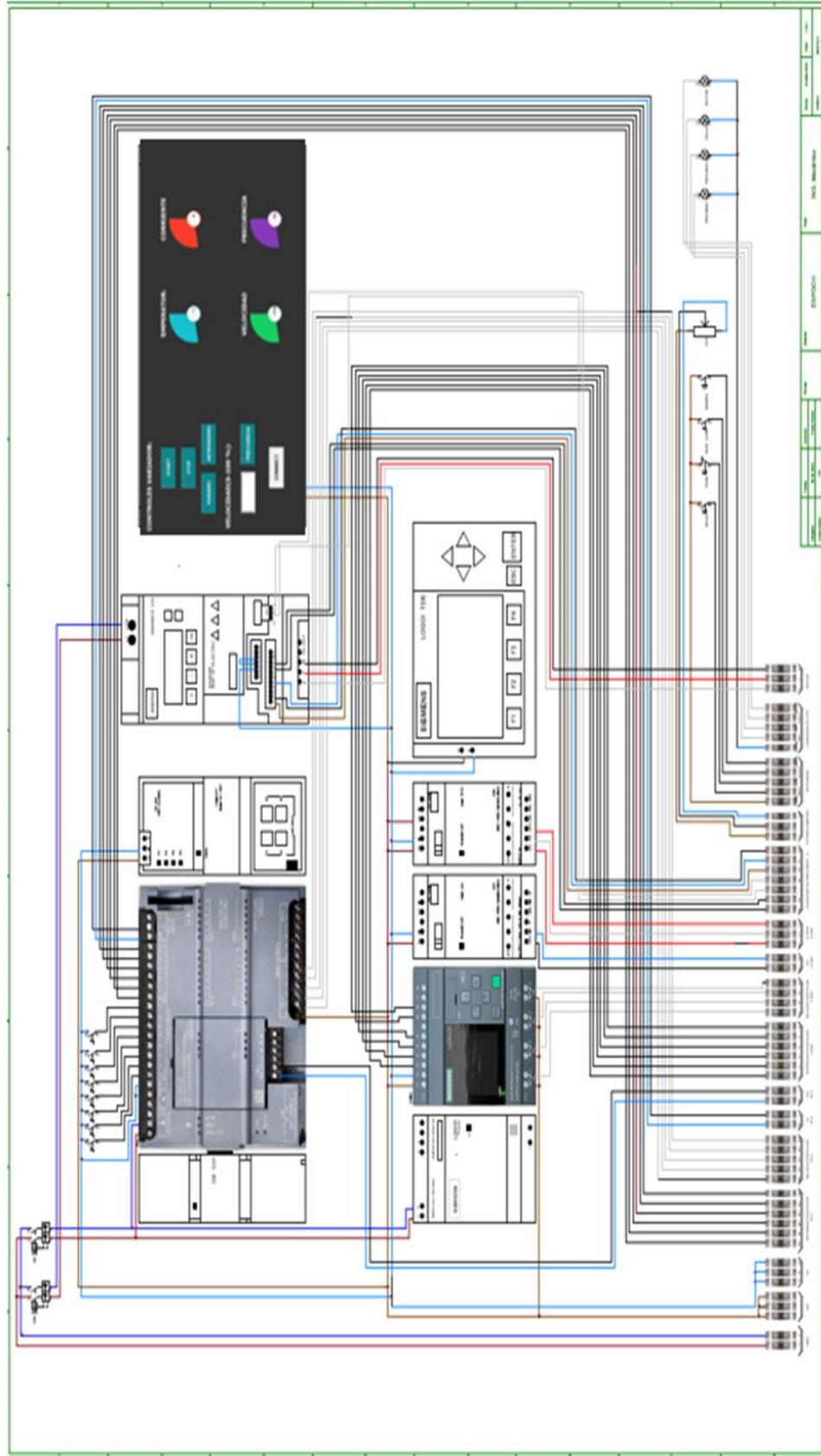
Realizado por: Fredy Romero, 2022

Conclusiones

- Se utilizó el lenguaje de programación Phyton, siendo un software libre nos permite utilizar librerías para diseñar la interfaz gráfica, basada en los parámetros determinados y dando respuesta a la necesidad del proceso.

- Se estableció la comunicación de manera correcta, sin necesidad de obtener una licencia de paga, por su amplio soporte dentro del diseño de las HMI, permitiendo acoplar varios equipos con un bajo costo de desarrollo.
- El sistema implementado es de bajo costo y benefician al desarrollo de nuevas aplicaciones, en las cuales se podrán implementar parámetros diferentes de acuerdo con los procesos productivos y la identificación de variables esenciales para los mismos.
- Las mediciones de los diferentes parámetros eléctricos, utilizando el sistema implementado, y comparándolo con las mediciones tomadas con instrumentos físicos no superan el límite de error permisible, estando dentro del rango de aceptación.
- Tomando en cuenta que las mediciones con instrumentos físicos desencadenan una serie de errores humanos o de precisión, el sistema de control implementado nos da valores en tiempo real.

El diagrama utilizado:



Referencias

1. (99+) Ingeniería-de-Control-Moderna-Ogata-5ed | Jefferson Maciel Leite - Academia.edu. (n.d.). Retrieved March 14, 2022, from https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5ed
2. Carrillo Paz, A. (2011). Sistemas automáticos de control fundamentos básicos de análisis y modelado. *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*, 255.
3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC) - Micro Automación. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://ar.microautomacion.com/es/catalog/controladores-logicos-programables-3/>
4. de Comunicación, R. (n.d.). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN INVESTIGACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAESTRÍA “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN POR INTERNET PARA REPORTE DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA TOMA DE DECISIONES A NIVEL GERENCIAL” FAUSTO ERNESTO OROZCO IGUASNIA.
5. Entornos Integrados de Automatización. (6113).
6. GitHub - ARMAGEDONgtx/IoT-system-PLC-data-to-InfluxDB: el objetivo de este proyecto es proporcionar software gratuito para obtener datos de plcs (Siemens S7-300/400/1200/1500) y almacenarlos. La pila usada es completamente de código abierto. Usé InfluxDB como almacenamiento de datos, por lo que el principio de la aplicación sigue el paradigma Big Data. (n.d.). Retrieved March 24, 2022, from <https://github.com/ARMAGEDONgtx/IoT-system-PLC-data-to-InfluxDB>
7. Juan, S., & Alberto Perez Ing Analía Perez Hidalgo Bioing Elisa Perez Berenguer, M. (n.d.). Universidad Nacional de “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO.”
8. Mandado Pérez, E., Marcos Acevedo, J., Fernández Silva, C., Armesto Quiroga, I., Luis Rivas López, J., & María Núñez Ortuño, J. (2018). SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y
9. AUTÓMATAS PROGRAMABLES. www.marcombo.com

10. Miyara, F., & Nacional De Rosario, U. (n.d.). CONVERSORES D/A Y A/D / D. Retrieved March 20, 2022, from <http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3>
11. Patricia, I., & Martinez, A. (n.d.). FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICAZVUTSRPONMLJIGFED DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO zyxxwvutsrqponmljihg fedcba YV POR: utrponmljig fedcbaZVUTSRPONMLKJIHGFEDCBA.
12. Pirámide de automatización. (n.d.). Retrieved March 20, 2022, from <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>
13. Repositorio Digital - EPN: Diseño y construcción de un controlador autómatas programable en lenguaje FBD con software de simulación. (n.d.). Retrieved March 20, 2022, from <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1360?locale=en>
14. Rodríguez Penin, A. (n.d.). Comunicaciones industriales : guía práctica. 286.
15. Técnicas de automatización avanzadas en procesos industriales - Dialnet. (n.d.). Retrieved March 20, 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60>