

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

TEMA:

"IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL PARA UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA".

Autor:

Bautista Flores Edwin Patricio

TUTOR:

Ing. Eliana Ormeño M.Sc.

Ibarra

2022



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|-----------|--|-----------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | DE | 1004203210 | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Y | Bautista Flores Edwin Patricio | |
| DIRECCIÓN: | | Cdla. Jacinto Collahuazo 3era etapa-Otavalo | |
| EMAIL: | | epbautistaf@utn.edu.ec | |
| TELÉFONO FIJO: | | 06 2924 383 | TELÉFONO MÓVIL: 0994772032 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|------------------------------------|--|
| TÍTULO: | Implementación de una herramienta de monitorización y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica |
| AUTOR (ES): | Bautista Flores Edwin Patricio |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 11/05/2022 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Eliana Ormeño M.Sc. |

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo de 2022.

EL AUTOR:



Bautista Flores Edwin Patricio
1004203210

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

MSc. Eliana Ormeño.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Bautista Flores Edwin Patricio, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL PARA UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO CON INTEGRACIÓN A LA RED ELÉCTRICA"**. Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobado la defensa, impresión y empastado.



MSc. Eliana Ormeño

Directora de tesis

Tabla de Contenidos

| | |
|---|------|
| IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA | II |
| CONSTANCIA | III |
| ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR | IV |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | X |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT | XII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIII |
| CONTEXTUALIZACIÓN | XIII |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | XIV |
| JUSTIFICACIÓN..... | XIV |
| ALCANCE | XV |
| OBJETIVO GENERAL..... | XV |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | XV |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LAS HERRAMIENTAS O EQUIPOS PARA LA MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE SISTEMAS HÍBRIDOS EÓLICO-FOTOVOLTAICO..... | 1 |
| 1.1. SISTEMA..... | 1 |
| 1.2. SISTEMA ELÉCTRICO..... | 1 |
| 1.2.1. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA ELÉCTRICO | 1 |
| 1.3. ENERGÍA | 2 |
| 1.4. ENERGÍA EÓLICA..... | 3 |
| 1.4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA..... | 4 |
| 1.4.2. ENERGÍA EÓLICA EN EL ECUADOR..... | 5 |
| 1.4.3. SISTEMA EÓLICO CONECTADO A LA RED | 6 |
| 1.5. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 6 |
| 1.5.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 8 |
| 1.5.2. ENERGÍA SOLAR EN EL ECUADOR..... | 8 |
| 1.5.3. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED | 9 |
| 1.6. HERRAMIENTAS DE LA MONITORIZACIÓN Y CONTROL..... | 9 |
| 1.7. TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA LA MONITORIZACIÓN..... | 10 |
| 1.7.1. INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI) | 10 |
| 1.7.2. SISTEMA SCADA..... | 11 |

| | | |
|---|--|----|
| 1.8. | TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS | 12 |
| 1.8.1. | CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC | 12 |
| 1.8.2. | MICROCONTROLADOR..... | 14 |
| 1.8.3. | COMPONENTES DE UN MICROCONTROLADOR..... | 14 |
| 1.8.4. | CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES | 15 |
| 1.8.5. | TIPOS DE MICROCONTROLADORES MÁS USADOS | 15 |
| 1.8.6. | MICROCONTROLADOR ARDUINO | 15 |
| 1.8.7. | RASPBERRY PI | 16 |
| CAPÍTULO 2..... | | 17 |
| DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL | | 17 |
| 2.1. | DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO | 17 |
| 2.2. | METODOLOGÍA..... | 17 |
| 2.3. | LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN..... | 18 |
| 2.4. | FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO | 19 |
| 2.5. | DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL | 19 |
| 2.6. | COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 20 |
| 2.6.1. | SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR | 21 |
| 2.6.2. | CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLACA | 22 |
| 2.6.3. | SENSOR DE CORRIENTE ACS712..... | 22 |
| 2.6.4. | MÓDULO RELÉ..... | 23 |
| 2.6.5. | COMUNICACIÓN RS-485 CON ARDUINO..... | 24 |
| 2.6.6. | MÓDULO MICRO SD | 25 |
| 2.6.7. | PANTALLA NEXTION | 25 |
| 2.6.8. | DISEÑO DE PLACA PARA PULSADORES | 26 |
| 2.6.9. | ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL | 26 |
| 2.6.10. | DISEÑO DEL CIRCUITO | 27 |
| 2.7. | DIAGRAMA DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 29 |
| 2.8. | DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA PANTALLA..... | 33 |
| 2.9. | DISEÑO DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... | 33 |
| 2.10. | DISEÑO DE TABLEROS | 34 |
| 2.11. | DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES | 35 |
| 2.11.1. | CÁLCULO DE PROTECCIONES SISTEMA FOTOVOLTAICO | 35 |
| 2.11.2. | CÁLCULO DE PROTECCIONES SISTEMA EÓLICO | 36 |
| CAPÍTULO 3..... | | 37 |

| | |
|--|-----|
| IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | 37 |
| 3.1. IMPLEMENTACIÓN DE PLACA PCB | 37 |
| 3.2. PLACA PCB PARA EL MÓDULO MAX RS-485 | 38 |
| 3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO..... | 38 |
| 3.4. CONEXIÓN DE ANALIZADORES DE RED CON MODULO MAX -RS485 | 40 |
| 3.5. INTERFAZ DE LA PANTALLA..... | 41 |
| 3.6. BASE DE DATOS | 43 |
| 3.7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE ALERTAS | 45 |
| 3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 47 |
| 3.8.1. VOLTAJE | 47 |
| 3.8.2. CORRIENTE | 49 |
| 3.8.3. POTENCIA..... | 51 |
| CONCLUSIONES | 54 |
| RECOMENDACIONES..... | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |
| ANEXOS | 59 |
| ANEXO A: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDA | 59 |
| ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 60 |
| ANEXO C: DIAGRAMA DE CONEXIÓN SENSORES DE VOLTAJE | 61 |
| ANEXO D: DIAGRAMA DE CONEXIÓN SENSORES DE CORRIENTE ACS-712..... | 62 |
| ANEXO E: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PLACAS PULSADORES | 63 |
| ANEXO F: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MÓDULOS RELÉS | 64 |
| ANEXO G: DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÓDULO MAX RS-485 | 65 |
| ANEXO H: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PANTALLA NEXTION..... | 66 |
| ANEXO I: DIAGRAMA DE CONEXIÓN MÓDULO MICROSD | 67 |
| ANEXO J: DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS CONEXIONES DE LOS SENSORES | 68 |
| ANEXO K: PRUEBAS DE MEDICIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO | 68 |
| ANEXO L: PRUEBAS DE MEDICIONES SISTEMA EÓLICO..... | 69 |
| ANEXO M: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE COMUNICACIÓN MÓDULOS RS-485 | 70 |
| ANEXO N: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO..... | 71 |
| ANEXO Ñ: MANUAL DE FUNCIONAMIENTO | 91 |
| ANEXO O: MANUAL DE MANTENIMIENTO..... | 108 |
| ANEXO P: MANUAL DE PRÁCTICAS..... | 112 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| FIG. 1: ESTRUCTURA DE UN SISTEMA ELÉCTRICO..... | 2 |
| FIG. 2: DISTRIBUCIÓN DE VIENTOS A ESCALA GLOBAL..... | 4 |
| FIG. 3: SISTEMA EÓLICO CONECTADO A LA RED..... | 6 |
| FIG. 4: SEMICONDUCTOR..... | 7 |
| FIG. 5: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 7 |
| FIG. 6: CONEXIÓN SISTEMA SOLAR A LA RED..... | 9 |
| FIG. 7: SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 9 |
| FIG. 8: HMI..... | 10 |
| FIG. 9: SISTEMA SCADA..... | 11 |
| FIG. 10: PLC..... | 13 |
| FIG. 11: ESTRUCTURA DE UN PLC..... | 13 |
| FIG. 12: TIPOS DE MICROCONTROLADOR ARDUINO..... | 15 |
| FIG. 13: PLACA RASPBERRY PI..... | 16 |
| FIG. 14: METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 17 |
| FIG. 15: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDA..... | 18 |
| FIG. 16: DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 19 |
| FIG. 17: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO Y CONTROL..... | 20 |
| FIG. 18: ARDUINO MEGA 2560..... | 22 |
| FIG. 19: SENSOR ACS 712..... | 23 |
| FIG. 20: MÓDULO RELÉ..... | 23 |
| FIG. 21: CONEXIÓN DEL MÓDULO MAX RS-485..... | 24 |
| FIG. 22: MÓDULO MICRO SD..... | 25 |
| FIG. 23: PANTALLA NEXTION..... | 25 |
| FIG. 24: PLACA PULSADORES..... | 26 |
| FIG. 25: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL..... | 26 |
| FIG. 26: CIRCUITO DEL SENSOR DE VOLTAJE..... | 27 |
| FIG. 27: SENSOR DE VOLTAJE..... | 28 |
| FIG. 28: DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA HERRAMINETA..... | 29 |
| FIG. 29: DIAGRAMA MULTIFILAR DEL MICROCONTROLADOR..... | 31 |
| FIG. 30: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN..... | 32 |
| FIG. 31: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INTERFAZ DE LA PANTALLA..... | 33 |
| FIG. 32: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ADQUISICIN DE DATOS..... | 34 |

| | |
|---|----|
| FIG. 33: DISEÑO DE TABLEROS..... | 35 |
| FIG. 34: PLACA SENSOR DE VOLTAJE. | 37 |
| FIG. 35: PLACA DE PULSADORES..... | 37 |
| FIG. 36: PLACAS MÓDULO MAX RS485. | 38 |
| FIG. 37: TABLERO DE CONEXIONES..... | 39 |
| FIG. 38: PARTE FIJA DEL TABLERO. | 39 |
| FIG. 39: TABLEROS CONECTADOS..... | 40 |
| FIG. 40: CONFIGURACIÓN DE ANALIZADORES..... | 40 |
| FIG. 41: INTERFAZ DE LA PANTALLA. | 41 |
| FIG. 42: DIAGRAMA MULTIFILAR DEL MICROCONTROLADOR. | 42 |
| FIG. 43: INTERFAZ DETALLADA DE DATOS. | 42 |
| FIG. 44: MENÚ ANALIZADORES DE RED. | 42 |
| FIG. 45: DATOS DEL ANALIZADOR DE CARGA CIELE. | 43 |
| FIG. 46: BOTON DE MENÚ PARA EL DATA CENTER..... | 43 |
| FIG. 47: INTERFAZ DEL DATA CENTER. | 44 |
| FIG. 48: BASE DE DATOS..... | 44 |
| FIG. 49: PLANTILLA DE EXCEL..... | 44 |
| FIG. 50: GRÁFICAS DE LOS DATOS OBTENIDOS..... | 45 |
| FIG. 51: ALARMA RED ELÉCTRICA..... | 46 |
| FIG. 52: SOBRECORRIENTE S. FOTOVOLTAICO..... | 47 |
| FIG. 53: SOBRECORRIENTE S. EÓLICO. | 47 |
| FIG. 54: DATOS DE VOLTAJE EN LA MAÑANA..... | 48 |
| FIG. 55: DATOS DE VOLTAJE EN LA TARDE. | 48 |
| FIG. 56: DATOS DE VOLTAJE EN LA NOCHE. | 49 |
| FIG. 57: DATOS DE CORRIENTE EN LA MAÑANA..... | 50 |
| FIG. 58: DATOS DE CORRIENTE EN LA TARDE..... | 50 |
| FIG. 59: DATOS DE CORRIENTE EN LA NOCHE..... | 51 |
| FIG. 60: DATOS DE POTENCIA EN LA MAÑANA. | 52 |
| FIG. 61: DATOS DE POTENCIA EN LA TARDE..... | 52 |
| FIG. 62: DATOS DE POTENCIA EN LA NOCHE..... | 53 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| TABLA 1 | 3 |
| TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y SU DESCRIPCIÓN | 3 |
| TABLA 2 | 5 |
| FICHA TÉCNICA CENTRAL EÓLICA VILLONACO | 5 |
| TABLA 3 | 8 |
| FICHA TÉCNICA CENTRAL SALINAS Y TREN SALINAS | 8 |
| TABLA 4 | 15 |
| CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES | 15 |
| TABLA 5 | 21 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MODELOS DE ARDUINO | 21 |
| TABLA 6 | 21 |
| PONDERACIÓN DE MICROCONTROLADORES ARDUINO | 21 |
| TABLA 7 | 30 |
| CONEXIONES DE ARDUINO MEGA 2560 | 30 |
| TABLA 8 | 46 |
| ALARMAS | 46 |

Resumen

Los sistemas híbridos son aquellos que generan electricidad a partir de dos o más fuentes de energía, compartiendo un mismo punto de conexión, estos pueden ser integrados o no a la red eléctrica. La Universidad Técnica del Norte actualmente cuenta con un prototipo de generación híbrida eólico fotovoltaico con conexión a la red eléctrica en el edificio de la Carrera de Electricidad. Además, con el avance tecnológico se busca que los procesos sean más rápidos y eficientes, lo que ha llevado a innovar en diferentes campos de aplicación de la ingeniería, tales como en la automatización y control, al igual que en los métodos para la adquisición y monitoreo de parámetros de operación en tiempo real. En el presente trabajo se ha implementado una herramienta de monitoreo y control para un sistema híbrido eólico fotovoltaico. La metodología considera la utilización de componentes basados en Arduino, la cual presenta una gran variedad de módulos y sensores que son de fácil adquisición en el mercado y de bajo costo. Mediante la herramienta implementada se pueden visualizar las gráficas tanto de voltaje, corriente y potencia del sistema. Se ha observado que el punto máximo de generación del sistema fotovoltaico es al medio día, y para el sistema eólico, depende de las condiciones del viento para su generación que varían respecto al transcurso del día. Finalmente, se destaca la importancia de las tecnologías de monitorización y control, ya que se encargan de mostrar en tiempo real los parámetros medidos, además de informar e intervenir en caso de algún tipo de fallo en el funcionamiento del sistema de generación híbrida.

Palabras clave: Sistema híbrido eólico fotovoltaico, herramienta de monitoreo y control, adquisición de datos, parámetros eléctricos.

Abstract

Hybrid systems are those that generate electricity from two or more energy sources, sharing the same connection point, these can be integrated or not to the electricity grid. The Universidad Técnica del Norte, at present has a prototype of hybrid photovoltaic wind generation with connection to the electricity grid in the Building of the Electricity Race. In addition, technological advancement seeks to make processes faster and more efficient, which has led to innovation in different fields of engineering application, such as automation and control, as well as in methods for the acquisition and monitoring of operating parameters in real time. In the present work, a monitoring and control tool has been implemented for a hybrid photovoltaic wind system. The methodology considers the use of components based on Arduino, which presents a wide variety of modules and sensors that are easy to acquire in the market and low cost. Using the implemented tool, the graphs of both voltage, current and power of the system can be displayed. It has been observed that the maximum generation point of the photovoltaic system is at noon, and for the wind system, it depends on the wind conditions for its generation that vary with respect to the course of the day. Finally, the importance of monitoring and control technologies is highlighted, since they are responsible for showing in real time the measured parameters, in addition to informing and intervening in case of any type of failure in the operation of the hybrid generation system.

Keywords: Hybrid wind photovoltaic system, monitoring and control tool, data acquisition, electrical parameters

Introducción

Contextualización

La energía puede darse en un sin número de formas, se puede mencionar como importantes la energía: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, etc., con la posibilidad de que se transformen entre sí, representando así el famoso principio de la conservación de la energía “La energía no se crea ni se destruye solo se transforma”. Toda la energía que nosotros captamos proviene del sol, motivo por el cual se produce el viento, también se encarga de que sucedan todos los demás fenómenos naturales del planeta como: la fotosíntesis, la evaporación del agua, etc. (Ministerio para la transición ecológica, 2016).

Las energías renovables son aquellas fuentes energéticas que se consideran inagotables, dentro de ellas las más importantes son la energía hidroeléctrica, energía eólica, la biomasa, la energía solar, la energía geotérmica y la energía mareomotriz. En la actualidad, la mayor parte de energía que consume las personas son de fuentes no renovables, como son los combustibles fósiles. (Asghar & Liu, 2018), (Gauché et al., 2017).

En el Ecuador, se desarrolló un atlas solar con fines de generación eléctrica, en donde da a conocer que las zonas con mayor potencial para generación fotovoltaica, como son el caso de las provincias de Loja, Imbabura y Carchi. La energía solar puede ser aprovechada y convertida en energía eléctrica, se utiliza tecnologías como paneles fotovoltaicos, los módulos fotovoltaicos son dispositivos semiconductores que se encargan de convertir la luz solar en energía eléctrica continua. Para conectarse con la red eléctrica es necesario la utilización de inversores, con el fin de poder convertir la corriente continua en corriente alterna y de esta manera poder ser utilizada ya sea en viviendas, en industrias, etc. (Muñoz-Vizhzy., Rojas-Moncayo, & Barreto-Calle, 2018), (Soulouknga, Doka, N. Revanna, N. Djongyang, & T.C. Kofane, 2018).

Además, cabe mencionar que el desarrollo de la energía eólica en el Ecuador viene dado con la construcción del parque Eólico Villonaco en 2012, el desarrollo de la energía eólica no está dado solo por la disminución de costos en los sistemas de generación, sino también para generar conciencia entre las distintas empresas, y generar conciencia en los clientes que este tipo de energías renovables ofrecen muchos beneficios para la economía y el medio ambiente. (Ayala, Maldonado, Paccha, & Riba, 2017), (Bandoc, Práválie, Patriche, & Degeratu, 2018).

La mejora de la eficiencia energética pasa por la implementación de un sistema de gestión de control de datos compuesto por la monitorización, que ayudarán a mejorar la eficiencia de los procesos productivos en la generación de energía eléctrica. La monitorización encuentra su razón de ser en el hecho que la energía usada por cualquier industria varía con los procesos de producción. El control y la monitorización energética, debe llevar un compromiso por toda la organización, con un seguimiento. Para ello, se hace necesario desarrollar un modelo capaz de estimar el consumo energético necesario para unas condiciones determinadas. (Cárcel Carrasco & Grau Carrión, 2015), (Hardianto et al., 2017).

Planteamiento del problema

En la actualidad, los sistemas de generación fundamentados en energías renovables son acoplados a la red eléctrica, mediante dispositivos basados en electrónica de potencia, para lo cual también es importante la implementación de herramientas que permitan su monitorización y control, por medio de la utilización de software y hardware especializados. La Universidad Técnica del Norte, actualmente cuenta con un prototipo de generación híbrida eólica-fotovoltaica con conexión a la red eléctrica en el edificio de la carrera de electricidad. Este tipo de sistemas deben poseer tecnologías que permita tanto la monitorización y el control, mediante las cuales se puede obtener una serie de parámetros de la energía suministrada que se genera en tiempo real. Cabe destacar que estos equipos o tecnologías, en su mayoría, poseen un costo elevado en el mercado.

Justificación

En la actualidad, existen varios dispositivos que se encargan de la monitorización y control de sistemas eléctricos en tiempo real, con los avances tecnológicos los equipos van mejorando tanto en su estructura como en sus procesos. La importancia del presente proyecto radica en implementar un dispositivo de bajo costo que permita la monitorización y control, llevado a cabo mediante un software y hardware especializado, libre programable que permitirá adquirir una serie de parámetros en tiempo real del sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica que se encuentra en el edificio de la Carrera de Electricidad.

La implementación del dispositivo para el monitoreo y control que nos permita obtener parámetros como tensiones y corrientes, mediante la utilización de dispositivos y sensores disponibles en el mercado local o de posible importación, basados en tecnologías similares a Arduino, que además permita realizar la tarea de control, logrando la conexión y desconexión del

sistema, permitiendo que los procesos que se quieren llevar a cabo cumplan con las condiciones de operación.

Alcance

En el presente proyecto está sustentado en una investigación tecnológica y práctica donde se requiere implementar una herramienta de monitorización y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica existente en el edificio de la Carrera de Electricidad de la Universidad Técnica del Norte. Para la implementación del dispositivo se utilizará software y hardware basado en Arduino o similar, y tendrá la capacidad de medir tensiones y corrientes, tanto de los sistemas de generación eólica y solar, y un control para la desconexión en el momento que la Red Eléctrica se encuentre sin energía, además de alertar en caso de existir algún inconveniente de funcionamiento, tales como sobrecorriente.

Objetivo general

Implementar una herramienta de monitorización y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red eléctrica, mediante la adquisición de parámetros y variables de estado en tiempo real del sistema de generación.

Objetivos específicos

1. Analizar las tecnologías relacionadas con las herramientas o equipos para la monitorización y control de sistemas híbridos eólico-fotovoltaico, con integración a la red eléctrica.
2. Diseñar una herramienta para la monitorización y control del sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
3. Implementar la herramienta de monitorización y control en el sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

CAPÍTULO 1

Tecnologías relacionadas con las herramientas o equipos para la monitorización y control de sistemas híbridos eólico-fotovoltaico

1.1. Sistema

Un sistema es una agrupación de ciertos elementos relacionados entre sí que tienden a funcionar como un todo. De cierta manera, cada uno de los elementos que conforman un sistema bien pueden funcionar independientemente uno de otro, pero siempre forma parte de una estructura mayor, como también existen sistemas que abarcan a sistemas más pequeños. (Isabel, 2016).

1.2. Sistema eléctrico

Un sistema eléctrico es el conjunto de instalaciones, conductores y equipos que se encargan de suministrar energía eléctrica necesaria para la generación, transporte y la distribución. El crecimiento de los sistemas eléctricos ha ido en conjunto con el avance tecnológico de la sociedad, hasta el punto de poder considerar a el consumo de energía eléctrica como uno de los factores más claros que muestran el desarrollo de un país. (Badii et al., 2015).

1.2.1. Estructura de un sistema eléctrico

La generación de energía eléctrica tiene principio en las centrales eléctricas. En la actualidad existen centrales basadas en energías renovables como son eólicas, fotovoltaicas, hidráulicas, biogás, biomasa, etc. Los alternadores de las centrales producen la energía eléctrica en media tensión, de 6 a 30 kV, dicha tensión se eleva con el uso de transformadores de salida, para luego ser inyectada a la red de transporte. (Mujal Rosas, 2016).

La red de transporte y distribución está conformada por las líneas que llevan la energía hasta los consumidores. El transporte se realiza en media tensión mayor a 0.6 y menor a 40Kv, con el objetivo de disminuir las perdidas. Las subestaciones cuentan con transformadores para cambiar los niveles de tensión de las líneas. Los elementos de mando y protección, que se utilizan para manipular y proteger la red son elementos como, interruptores, seccionadores, fusibles, pararrayos, etc. De las subestaciones salen líneas de media tensión las cuales son utilizadas por las grandes industrias, por último se encuentran las líneas de baja tensión que por

medio de centros de transformación se encargarán de alimentar a los consumidores.(Chávez, 2019). La Figura 1, muestra la estructura actual de un sistema eléctrico de distribución, transporte y generación.

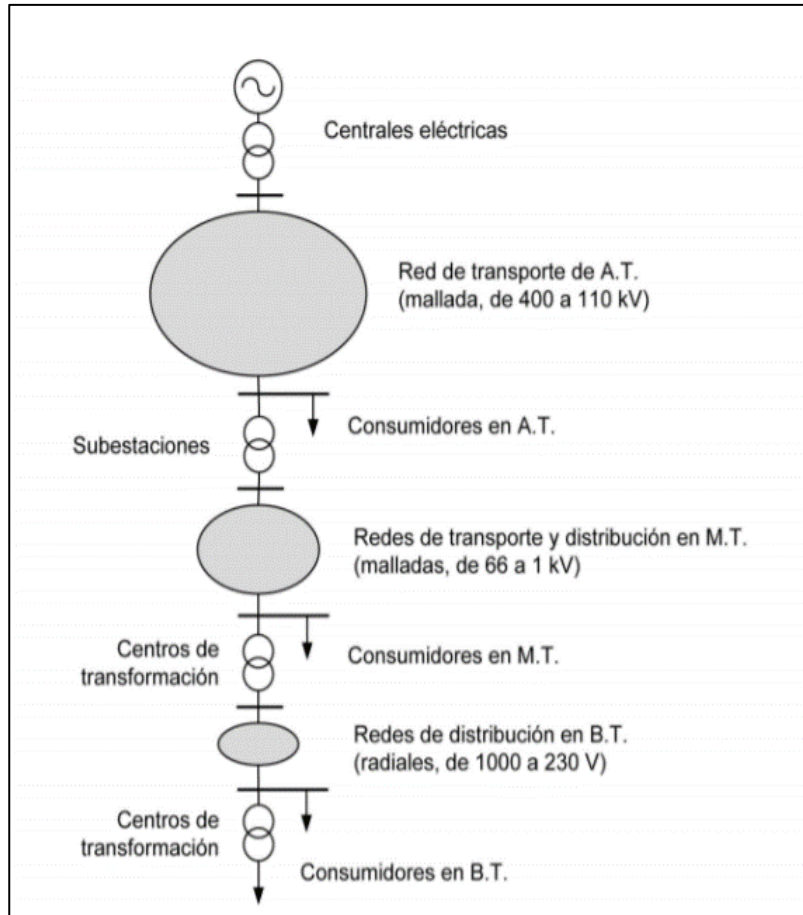


Fig. 1: Estructura de un sistema Eléctrico.
Fuente: (Mujal Rosas, 2016)

1.3. Energía

Se denomina energía a la capacidad que tiene los cuerpos de realizar un trabajo, que pueden tener su origen en la alteración en la posición, propiedades, constitución o estado de un sistema determinado, que requiera de un trabajo el cual puede ser por fuerzas exteriores como: viento, oleaje o cualquier otra cosa, o de fuerzas internas en el caso de una explosión. (Gonzalez Velasco, 2015).

La mayor parte de los países del mundo dependen del carbón, el petróleo y el gas natural como fuente de energía. Estos combustibles tienen un origen fósil, esta fuente de energía finalmente se terminará por su uso, siendo demasiado costoso y dañino al medio ambiente intentar extraerlos y explotarlos. Desde otra perspectiva existe muchos tipos de energía como el

viento y el sol que son renovable, es decir que constantemente se están renovando y por consiguiente no se llegan a acabar. (Guillen & Abreu, 2016).

La manera de acceder a este tipo de generación limpia y renovable se basa en el aprovechamiento de energías como: solar, eólica, geotérmica y biomasa, existen ciertos lugares que ofrecen un espacio que es lo suficientemente apto para el uso de estas energías.

En la Tabla 1, se menciona los tipos de energías renovables. (Marulanda Rendon, 2020).

TABLA 1
Tipos de energías renovables y su descripción

| Energía | Descripción |
|------------|---|
| Solar | Consiste en la transformación directa de la luz solar en electricidad. |
| Eólica | Consiste en utilizarla fuerza del viento para mover aerogeneradores, los cuales generan electricidad. |
| Biomasa | Es el principal aprovechamiento de residuos de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos que generan las diferentes actividades agrícolas, ganaderas y forestales. |
| Geotérmica | Aprovecha el calor que se encuentra en el interior de la tierra, la cual es una energía duradera, es constante no depende de las condiciones climáticas. |

Fuente: (Marulanda Rendon, 2020).

1.4. Energía Eólica

La energía eólica hace referencia a las tecnologías y aplicaciones en donde se tiende a aprovechar la energía cinética del viento, la cual pasa a ser transformada en energía eléctrica. En la Figura 2, se muestra la distribución del viento en forma global.

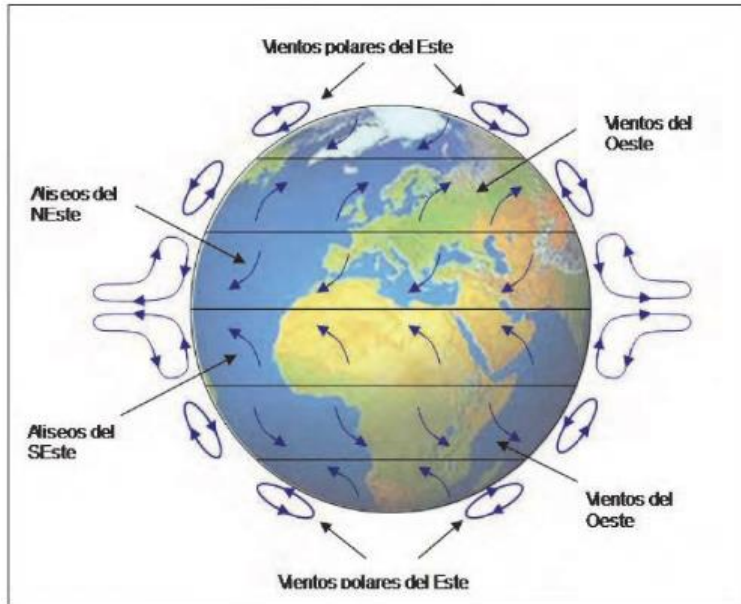


Fig. 2: Distribución de Vientos a escala global.
Fuente: (Cuco Pardillos, 2017).

El aprovechamiento de estas energías ha tenido un gran crecimiento y ha ido adoptando una gran importancia debido a los avances tecnológicos en el diseño de aerogeneradores. Es importante investigar en que regiones es óptimo para la explotación del recurso y que tipo de tecnologías son las adecuadas para conocer las variables de viento. (Ortiz & Cáceres, 2015).

1.4.1. Ventajas y desventajas de la energía Eólica

Según (Rodríguez, 2020) menciona las siguientes ventajas y desventajas de la energía eólica:

Ventajas

- Su limpieza (no es contaminante).
- Su abundancia y el hecho de ser renovable.
- Su bajo precio (al no requerir combustión alguna).
- El posible aprovechamiento para su colocación de las zonas áridas o no cultivables, dada su topografía.
- El ahorro que supone en gasto de combustible en las centrales hidroeléctricas y térmicas.
- Su bajo impacto ambiental.
- Su seguridad y confiabilidad.
- La generación de empleo.

- Sus fines agrícolas o ganaderos.
- El hecho de que no dañe el suelo.
- Su garantía de autonomía por más de 80 horas, sin requerir conexión a redes de suministro.

Desventajas

- Su dependencia de las fuentes tradicionales para poder funcionar.
- Su discontinuidad, pues su intensidad y dirección cambian repentinamente.
- Los daños y apagones que produce la fluctuación en la intensidad.
- Los serios problemas de carácter técnico que se presentan en su producción.
- La necesidad de cables de alta tensión cuatro veces más gruesos que permitan evacuar la producción.
- El hecho de que no sea almacenable.

1.4.2. Energía Eólica en el Ecuador

En la Tabla 2, se muestra algunas características de la central eólica. (CELEC_EP, 2020).

TABLA 2
Ficha Técnica Central Eólica Villonaco

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Potencia Total | 16.5MW |
| Inicio de operación | 2013 |
| Aerogeneradores | 11 x GW 70/1500 IEC IA/S |
| Altura de buje | 65 m |
| Velocidad del viento promedio | 12.4 m/s |
| Producción de energía anual | 71.94 GWh/año |
| Factor de Planta | 51.19% |
| Conexión a la RED | Subestación Loja 69 KV |
| Tipo de tecnología | Direct Drive |
| Tamaño de pala | 35 m |
| Tipo de generador | Imanes permanentes |
| Control de potencia de salida | Pitch control |
| Certificación | Clase S |

Fuente: (CELEC_EP, 2020).

La central eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia se ubica en la provincia de Loja, cuenta con 11 aerogeneradores. Desde el 2 de enero de 2013 se ha aportado al S.N.I. una

energía neta de 556,17 GWh desde su entrada de operación hasta julio de 2020. (CELEC_EP, 2020).

1.4.3. Sistema Eólico conectado a la red

La red de distribución se encarga de suministrar energía cuando hace falta, o de recibir el exceso de energía si es el caso. En las instalaciones se tiende a utilizar diseños de velocidad variable, en este tipo de sistemas el equipo más importante es el inversor, que es el que se encarga de que la electricidad generada por la turbina se conecte con la red. En la Figura 3, se indica un sistema eólico básico conectado a la red eléctrica. (Lopera, 2017).

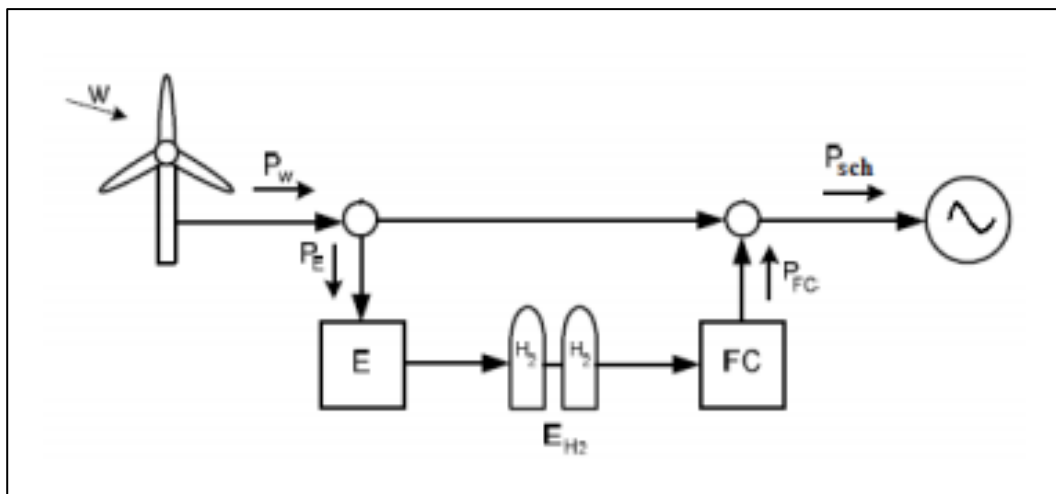


Fig. 3: Sistema eólico conectado a la red.
Fuente: (Cervantes, 2016)

1.5. Energía Solar Fotovoltaica

El aprovechamiento de la energía solar está comprendida por la utilización de un semiconductor, que se encarga de transformar la energía recibida del sol en corriente continua, este semiconductor se denomina célula solar, en la Figura 4, se indica la composición el semiconductor, que cuenta con dos regiones, una que tiene una carga positiva y otra con un carga negativa, la unión de ambos materiales expuestos a la radiación solar tienden a producir una circulación de electrones y por ello al conectar una carga se convierte en corriente continua. (Tobajas Vazquez, 2018).

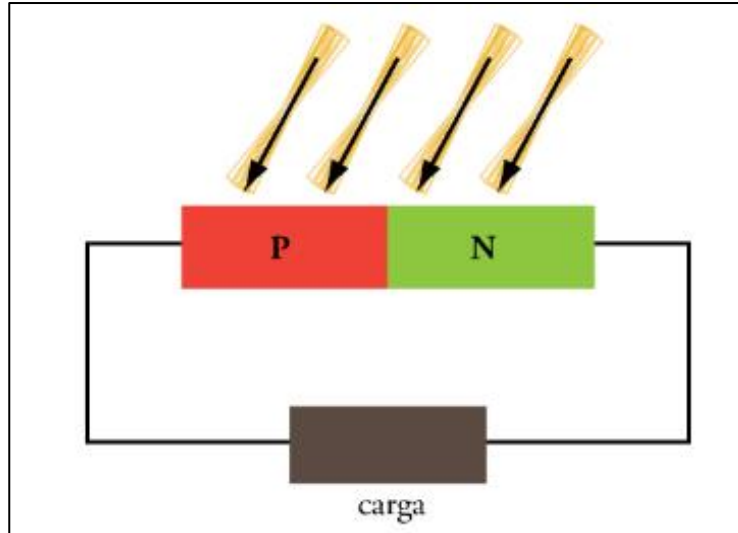


Fig. 4: Semiconductor.
Fuente: (Tobajas Vásquez, 2018).

Una Instalación fotovoltaica está compuesta de las siguientes partes, como se observa en la Figura 5.

- Placa o captador solar fotovoltaico.
- Regulador.
- Batería.
- Convertidor o inversor.
- Elementos para el conexionado y puesta de funcionamiento.

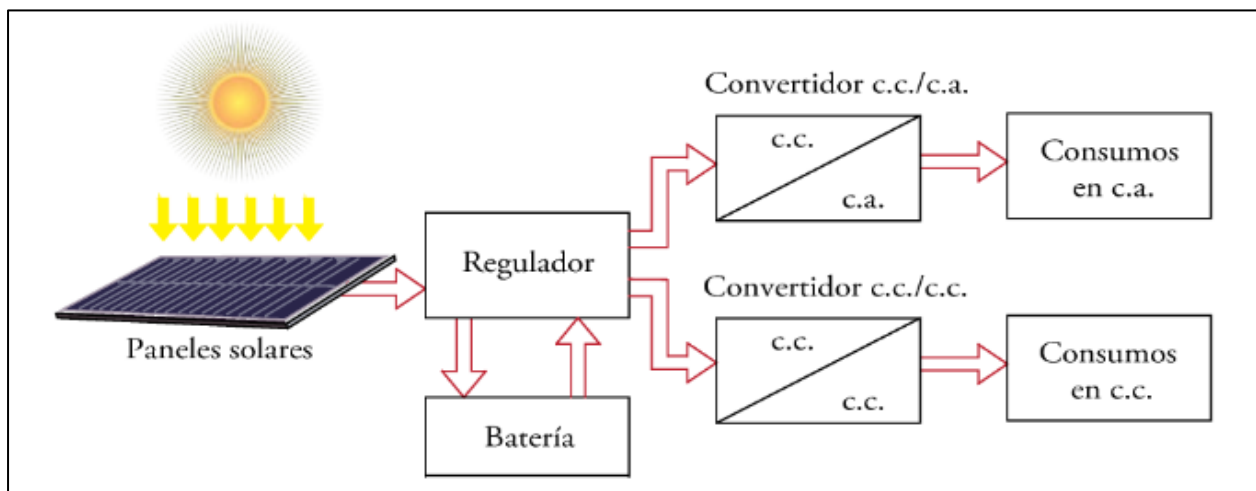


Fig. 5: Instalación solar fotovoltaica.
Fuente: (Tobajas Vásquez, 2018).

1.5.1. Ventajas y desventajas de la Energía solar fotovoltaica

Según menciona (DeGunther, 2020) las ventajas y desventajas al trabajar con un sistema de generación fotovoltaica son las siguientes.

Ventajas

- No contamina.
- Fuente inagotable de energía.
- Bajo costo.
- Variedad en el uso de la fuente solar.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas

- Costo de instalación puede ser alto.
- Bajos rendimientos.
- Área de instalación extendida.
- Incapacidad de elementos de grandes acumulaciones (Batería).

1.5.2. Energía solar en el Ecuador

La central fotovoltaica Salinas y Tren Salinas de 3.6 MW de potencia se ubica en la provincia de Imbabura, cuenta con 14.400 paneles solares. Desde julio de 2014 se ha aportado al S.N.I. una energía de 4.9933.6 MWh por año. En la Tabla 3, se muestra las características de la central fotovoltaica. (PV-Magazine, 2019).

TABLA 3
Ficha técnica Central Salinas y Tren Salinas.

| Proyecto | Parque Fotovoltaico Salinas y Tren Salinas |
|-----------------------------|--|
| Ubicación | Salinas, Imbabura, Ecuador |
| Tamaño Total | 3.6 MW |
| Potencia Nominal | 3 MW |
| Modelo de paneles | Serie TGE 60 Cell |
| Cantidad de paneles | 14.400 paneles |
| Instalador | Smart Green Holding |
| Propietario | Smart Green Holding |
| Conexión | Julio 2014 |
| Producción anual de energía | 5.400.000 kWh |

Fuente: (PV-Magazine, 2019).

1.5.3. Sistema solar fotovoltaico conectado a la red

Este tipo de instalaciones consta de un generador fotovoltaico y de un inversor, además en ciertos casos debe de contar con una batería. El inversor va instalado entre el generador fotovoltaico y el punto de conexión de la red. Se debe instalar ciertas protecciones y contadores de energía que ayudan a saber cuánta energía es la que se está produciendo. El objetivo de las protecciones es la de desconectar o conectar el suministro del sistema fotovoltaico o también si se dé el caso que la red eléctrica ponga en peligro la continuidad del suministro. En la Figura 6, se muestra la conexión del sistema solar a la red eléctrica. (Innovación y Cualificación, 2017).

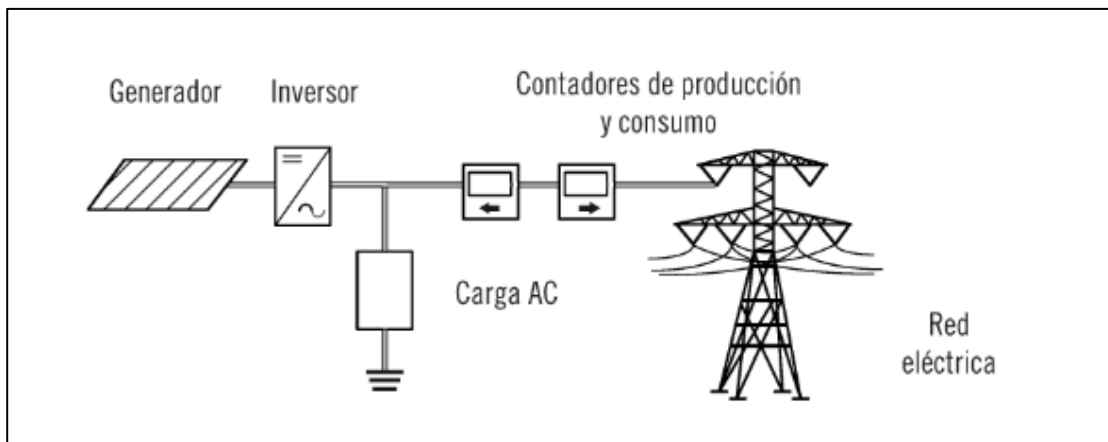


Fig. 6: Conexión Sistema solar a la red.
Fuente: (Innovación y Cualificación, 2017).

1.6. Herramientas de la monitorización y control

En la Figura 7, se muestra un esquema donde se encuentran las tres partes principales que debe tener los sistemas de monitoreo y control.

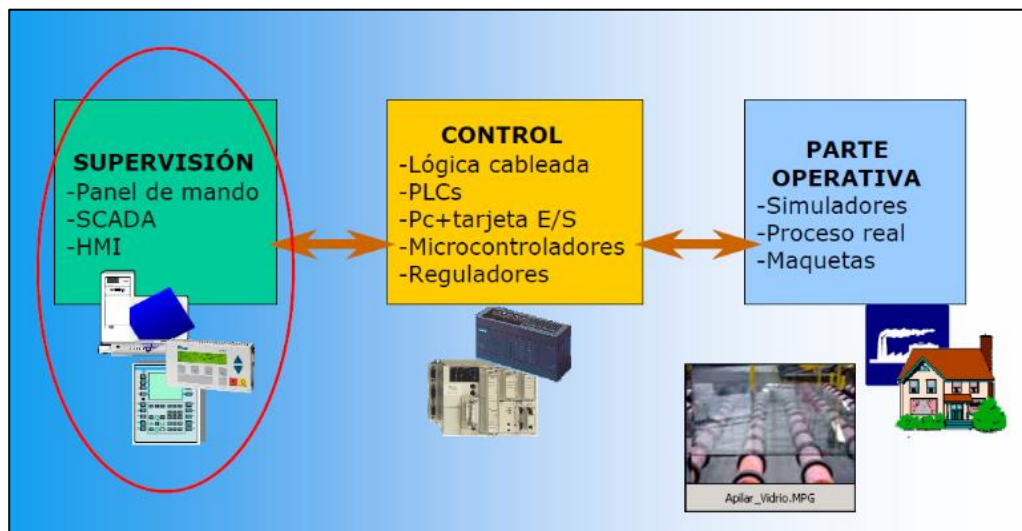


Fig. 7: Sistema de monitoreo y Control.
Fuente: (Suarez, 2018).

Supervisión o monitorización: Permite observar en tiempo real los datos básicos de lo que ocurre en un proceso.

Control: Se encarga de recibir y enviar las señales de los distintos componentes, además de la adquisición de datos y el control de los procesos, en otras palabras, es el cerebro de todas las operaciones.

Parte operativa: En esta sección se encuentra todos los actuadores, módulos y sensores que conforman los requerimientos y necesidades para la realización de un proyecto.

1.7. Tipos de tecnologías para la monitorización

La monitorización es aquella que se encarga de hacer un seguimiento de estado de cualquier tipo de proceso, permitiendo asegurar que el sistema sea fiable y estable, logrando mostrar en tiempo real su funcionamiento. Además, la monitorización de sistemas genera una serie de alarmas o de advertencias que ayudan cuando se presenta alguna señal de mal funcionamiento. Las tecnologías usadas para este caso son un panel de mando, un sistema SCADA o un HMI. (Semantic Systems, 2018), (Junco Romero & Rabelo Padua, 2018)

1.7.1. Interfaz hombre maquina (HMI)

La HMI representa los medios de interacción entre el usuario y algún hardware en específico, como se muestra en la Figura 8, en el caso del control de procesos la HMI debe poder mostrar los datos básicos de todos los sistemas de control de procesos, como pueden ser variables de procesos, variable de control y puntos de ajuste o variables de referencia, todos esto debe ser mostrado en tiempo real, en otras palabras, justo en el momento de ejecución de las diferentes variaciones. (Ortiz Rosas, 2018).



Fig. 8: HMI.
Fuente: (SIEMENS, 2020).

Se debe tomar en cuenta que una HMI debe contener componentes gráficos y digitales, de la misma manera los términos deben ser claros para la comprensión del usuario final. Además, se recomienda que las variables de procesos, los puntos de ajuste y las variables de control sean las más claras posibles para el usuario, se debe tener un registro de todas las variaciones que se han producido, para poder estudiar su comportamiento y realizar las predicciones correspondientes. (Rosado, 2018).

En resumen, un HMI debe proporcionar una explicación transparente y oportuna en tiempo real de lo que ocurre en el proceso.

1.7.2. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia, se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos. En la Figura 9, se muestra un sistema SCADA.

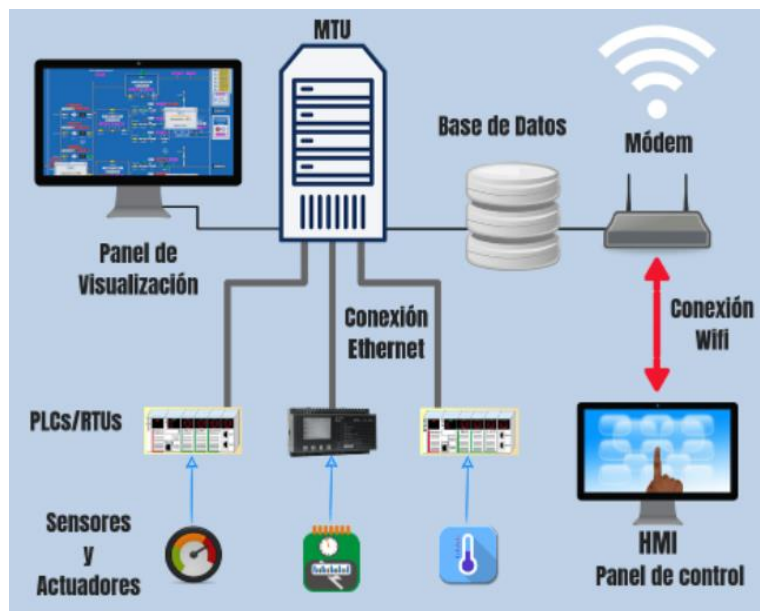


Fig. 9: Sistema SCADA.
Fuente: (Romero, 2018).

Este tipo de sistemas está diseñado para ejecutarse en un ordenador, proporcionando comunicación con los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, sensores, actuadores, registradores, etc. El operador puede visualizar en la pantalla cada una de las estaciones remotas que componen el sistema, sus estados, situaciones de alerta y realizar acciones físicas en algunos equipos que se encuentre alejados, la comunicación se realiza a

través de comunicación LAN. Todos estos procesos generalmente se realizan en tiempo real y están diseñados para brindarles a los operadores de la planta la capacidad de monitorear y controlar estos procesos. (Castro Lozano & Romero Morales, 2017).

El software a menudo se asocia con el uso de una computadora, PLC o microcontrolador, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente realizada por la computadora. Sin embargo, el operador puede controlar el proceso en cualquier momento si la situación lo requiere. (Romero, 2018).

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarmas, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generar base de datos de las señales de planta, que pueden ser descargados para su procesamiento en hojas de cálculo.
- Ejecutar programas, modificar las reglas de control, incluso cancelar o modificar tareas específicas, bajo ciertas condiciones.
- Capaz de realizar cálculos aritméticos en la CPU de la computadora.

1.8. Tipos de tecnologías para el control de procesos

Un sistema de control es el ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que puedan dirigirse o regularse a sí mismo o a otro sistema, en el sentido más abstracto se puede entender como la forma de manipular cualquier tipo de acción de ciertas variables. Las tecnologías usadas en los sistemas de control son los PLC o también el uso de microcontroladores. (Caguao & Hernandez, 2018).

1.8.1. Controlador Lógico Programable PLC

Un controlador lógico programable se trata de una computadora, utilizada en la automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de máquinas. Un PLC funciona leyendo su entrada y dependiendo de su estado, cambia la salida de acuerdo con la lógica sugerida. En la Figura 10, se muestra un PLC.



Fig. 10: PLC.
Fuente: (SIEMENS, 2020).

Un controlador lógico programable es una máquina electrónica programable que realiza funciones de automatización lógica y control de procesos en tiempo real en un entorno industrial. Esta definición no debe de interpretarse de manera rigurosa, ya que los controladores lógicos programables modernos incorporan funciones especiales no solo para procesamiento lógico, sino también para cálculo numérico, retroalimentación, y regulación PID. (Pérez Molina & Gomez, 2018). En la Figura 11, se muestra las partes que comprende a una estructura de un controlador lógico programable PLC. (Universidad Nacional de la Plata, 2020)

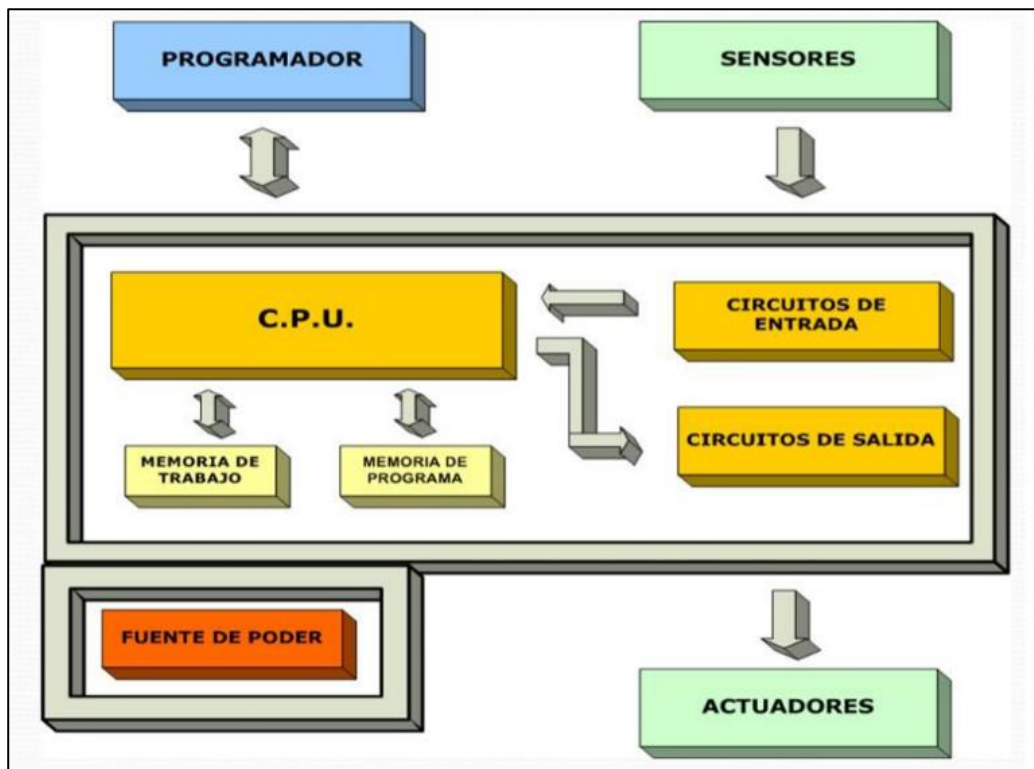


Fig. 11: Estructura de un PLC.
Fuente: (Universidad Nacional de la Plata, 2020).

Programador: Persona que realiza el programa para que sea ejecutado, y realice una determinada tarea.

Sensores: Elementos externos al PLC, que sirven para detectar las variables que luego utilizará el programa para desarrollar la tarea (ejemplo: medición de temperatura, sensor de presión, sensor de posición, etc.)

CPU: Es el cerebro del PLC, toma las variables de entrada, ejecuta el programa y acciona sobre la salida.

Memoria de trabajo: Es la RAM que usa la CPU para ejecutar el programa.

Memoria de programa: Memoria interna donde se almacenan los programas cargados.

Circuitos de entrada / salida: Conexiones internas del PLC que toman las señales de los sensores (entradas) y actuadores (salidas) para iniciar el programa y acciones que toma el PLC.

Fuente de poder: Alimentación del PLC, en C.A. o C.C.

Actuadores: Elementos que accionan una tarea, cuando el PLC ejecuta el programa. Ejemplo: motor, riego, etc.

1.8.2. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico cuyo objetivo es llevar a cabo una serie de procesos lógicos para lograr ejecutar cualquier tipo de tarea definida. La tarea que se va a desempeñar debe estar previamente programada, por medio de un lenguaje de programación. (Golato, 2016).

1.8.3. Componentes de un microcontrolador

- Microprocesador o CPU.
- Memoria RAM para guardar los datos temporalmente.
- Memoria de solo lectura ya puede ser ROM, EEPROM, o FLASH, para guardar el programa de la aplicación, o ciertos datos.
- Líneas de entrada y salida para la comunicación.
- Diversos módulos para el control de periféricos como temporizadores, convertidores analógicos a digitales, etc.
- Generador de impulsos de reloj que sincroniza el funcionamiento de todo el sistema. (Inzunza, 2016).

1.8.4. Características de los microcontroladores

En la Tabla 4, se tiene algunas de las características principales de un microcontrolador.

TABLA 4
Características de los microcontroladores.

| | |
|---------------|---|
| Confiabilidad | Al tener menos componentes, se disminuye el riesgo de fallas y se logra reducir en gran medida las calibraciones. |
| Flexibilidad | Gracias a su facilidad de que el control se hace mediante un programa, cualquier tipo de modificación necesaria, solamente es necesario un cambio en la programación. |
| Aplicaciones | Dentro de sus aplicaciones se tiene el control de procesos, robótica, sistemas de alarmas. |

Fuente: (Inzunza, 2016).

1.8.5. Tipos de microcontroladores más usados

Existen muchos tipos de microcontroladores, los más sobresalientes sin duda son Arduino y Raspberry Pi, poseen un lenguaje de programación similar, permitiendo una programación sencilla, permitiendo a la población en general poder crear y desarrollar sus propios proyectos o artefactos.

1.8.6. Microcontrolador Arduino

Arduino sea convertido en el ambiente de prototipos más usado a nivel global, por su costo, su variedad de controladores y accesorios, con una forma de programación basada en C con múltiples bibliotecas de código abierto. En la Figura 12, se muestra los tipos de microcontroladores Arduino. (Real, 2018).

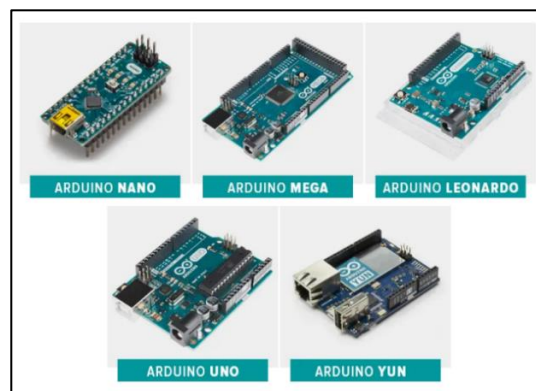


Fig. 12: Tipos de microcontrolador Arduino.
Fuente: (Arduino, 2020).

El microcontrolador Arduino puede recibir información de varios sensores, por medio de estos efectuar controles como luces, motores y otros artefactos. Arduino cuenta con un portafolio muy amplio de placas con microprocesadores y shields que simplifican las conexiones de los circuitos necesarios para el desarrollo de los proyectos que el usuario requiera. (Novillo, 2018).

1.8.7. Raspberry Pi

Es una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, a pesar de que este minicomputador fue creado con fines educativos, ha revolucionado la industria, gracias a su versatilidad se implementó en más áreas como en la agricultura. En la Figura 13, se muestra una placa Raspberry Pi. (Garcia & Garcia, 2018).



Fig. 13: Placa Raspberry Pi.
Fuente: (Solectro, 2017).

En el pequeño PCB encontramos, entre otros, un procesador de 4 núcleos, conexiones RAM, USB, Ethernet y HDMI. La última versión, también está equipada con un módulo Wifi y Bluetooth. La Raspberry Pi, como hemos dicho, necesita de un Sistema Operativo para trabajar, por lo que la plataforma en sí dispone de muchos software diferentes y gratuitos basados en Linux. (Solectro, 2017)

CAPÍTULO 2

Diseño de la herramienta de monitoreo y control

El diseño de la herramienta de monitoreo y control tiene como propósito adquirir y vigilar en tiempo real la producción de energía eléctrica del sistema híbrido, mediante el uso de un microcontrolador, módulos y sensores, se logra evidenciar parámetros de voltaje, corriente y potencia, tanto en AC como DC, además de observar las gráficas de los distintos parámetros medios por los componentes. En este capítulo se presenta el diseño y la configuración de una herramienta de monitoreo y control que permita observar en tiempo real las variables tanto de voltaje, corriente y potencia.

2.1. Descripción del lugar de estudio

El proyecto se realiza en la Universidad Técnica del Norte, en el campus el Olivo, ubicado en los laboratorios de máquinas eléctricas de la carrera de electricidad en el edificio CIELE.

2.2. Metodología

Para realizar el diseño de la herramienta de monitoreo y control se procedió a aplicar el procedimiento como se indica en la Figura 14.

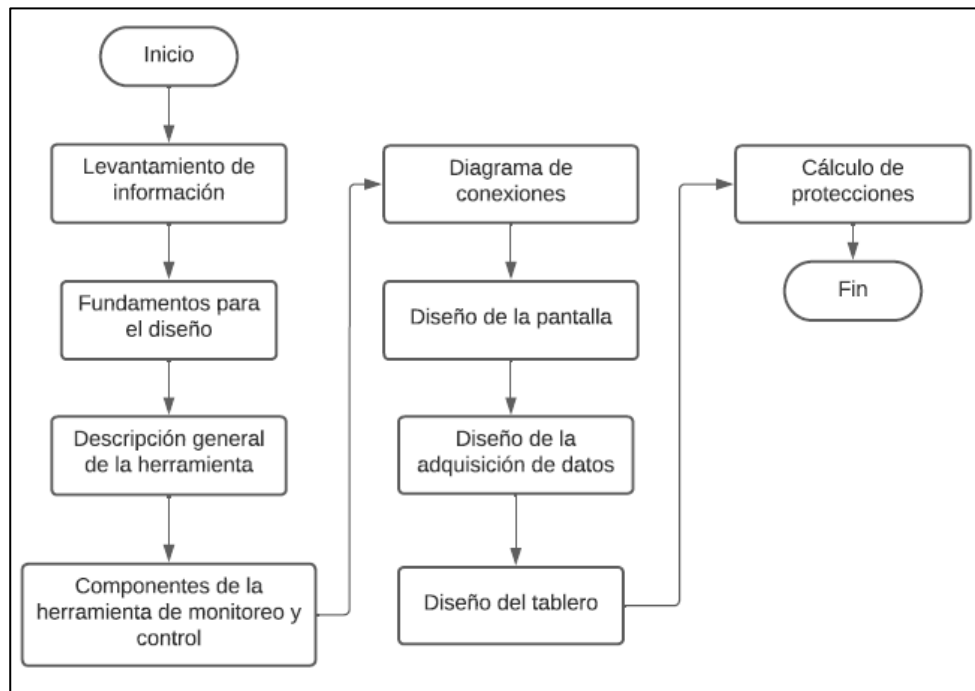


Fig. 14: Metodología empleada para el diseño de la herramienta de monitoreo y control.
Fuente: El Autor.

El proceso inició con el levantamiento de información del tablero de generación híbrida que previamente se encuentra instalado. Se recopiló los fundamentos matemáticos que serán empleadas en el diseño. A continuación, se realizó la descripción de manera general del funcionamiento y composición que tiene como objetivo la herramienta de monitoreo y control, para después poder seleccionar sus componentes basados en costos y facilidad de adquisición. Detallados los equipos, se diseñó los diagramas unifilares de conexión de cada uno de los sensores, módulos y equipos necesarios para su implementación. Como siguiente paso se diseñó la interfaz de la pantalla, así como también el de la base de datos. Finalmente, se llevó a cabo el boceto del tablero que contendrá cada uno de los componentes adquiridos y se efectuó los cálculos debidos para las respectivas protecciones.

2.3. Levantamiento de información

En la Figura 15, se muestra el diagrama unifilar del sistema de generación híbrida, el cual se encuentra previamente instalado en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

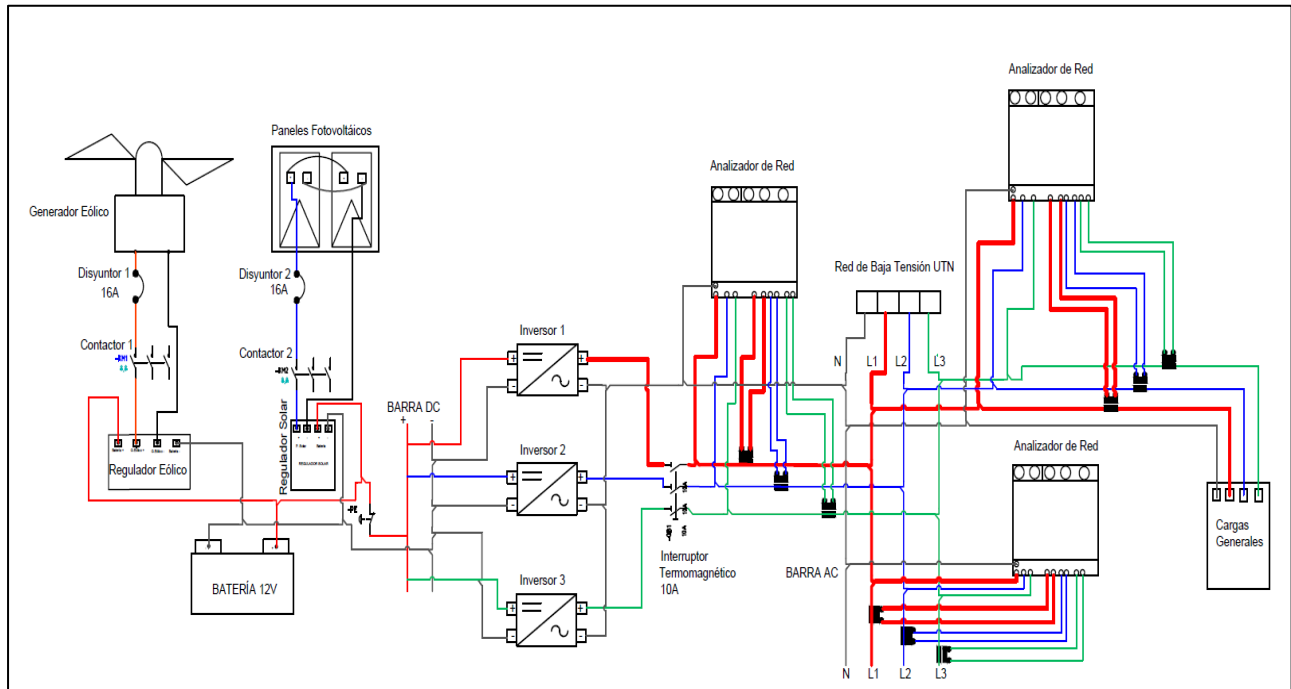


Fig. 15: Diagrama Unifilar del sistema de generación híbrida.

Fuente: El Autor.

Como se indica en el diagrama de conexión, el generador eólico y los paneles solares se conectan a los reguladores de carga mediante un disyuntor de 16 A, estos reguladores son los

encargados de llevar una carga estable para alimentar la batería de 12 V DC. Mediante la barra DC se conectan los inversores DC-AC obteniendo una salida de 120 V AC, que se conectan a la red de bajo voltaje de la Universidad Técnica del Norte. El sistema de generación híbrida se le acopló contactores, analizadores de red, pulsadores e interruptores que ayudan a automatizar el sistema. Para una mejor apreciación del diagrama unifilar se puede revisar el Anexo A.

2.4. Fundamentos para el diseño

En esta sección se presenta el fundamento utilizado para el diseño del proyecto, el cual consiste en un diagrama de bloques, como se muestra en la Figura 16.

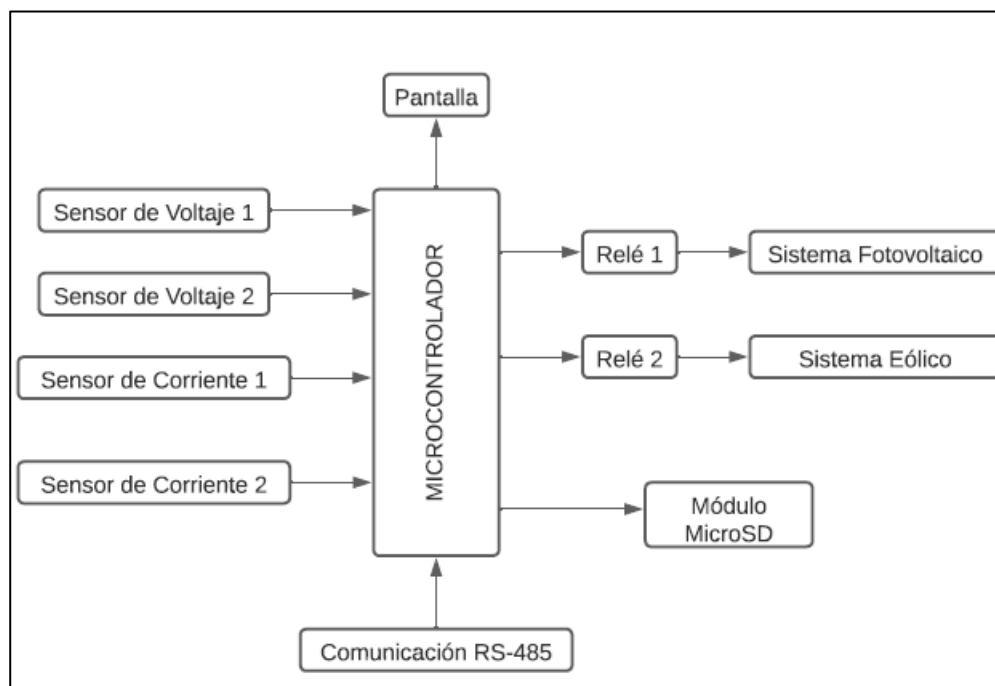


Fig. 16: Diagrama de bloques de la herramienta de monitoreo y control.
Fuente: El Autor.

En la Ilustración 16, se propone un esquema, en el cual se relaciona a los sistemas de generación previamente instalados con los dispositivos y elementos que se van a utilizar para el diseño y posteriormente la implementación de la herramienta de monitoreo y control.

2.5. Descripción general de la herramienta de monitoreo y control

La herramienta consiste en la utilización de sensores y módulos, que se encargaran de la adquisición de parámetros de voltaje, corriente y potencia tanto en AC como en DC, además de controlar al sistema de generación híbrida y desconectarlo en caso de algún tipo de falla, como son las sobrecorrientes o la desconexión de la red eléctrica.

En la Figura 17, se indica el diagrama de flujo que describe el proceso de funcionamiento de la herramienta de monitoreo y control.

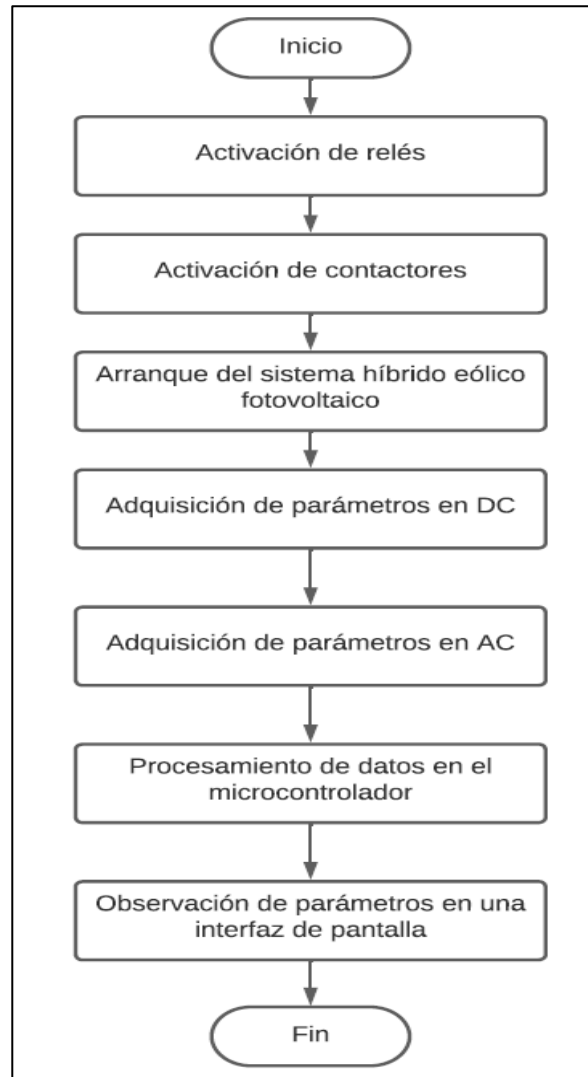


Fig. 17: Descripción general de la herramienta de monitoreo y control.
Fuente: El Autor.

El sistema se inicializa con la activación de los relés, dando paso así a la conexión de los contactores del sistema de generación híbrido, los sensores y módulos se encargan de medir los parámetros de voltaje, corriente y potencia en AC y DC, los parámetros obtenidos serán procesados por parte del microcontrolador, para finalmente poder ser mostrados en una interfaz de pantalla en tiempo real.

2.6. Componentes de la herramienta de monitoreo y control

Con la finalidad de diseñar la herramienta de monitoreo y control se realizó la selección y descripción de cada uno de los módulos y sensores necesarios.

2.6.1. Selección del microcontrolador

Para la selección del microcontrolador se realizó una comparativa entre varios modelos de tipo Arduino, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5
Especificaciones Técnicas de modelos de Arduino

| Especificaciones técnicas entre algunos modelos de Arduino | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Detalles | Micro | UNO | Mega | Leonardo |
| Microcontrolador | Atmega32U4 | Atmega328P | Atmega2560 | Atmega32U4 |
| Voltaje de operación (V) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Pines digitales | 20 | 14 | 54 | 20 |
| Pines PWM | 7 | 6 | 15 | 7 |
| Pines de entra analógicas | 13 | 6 | 16 | 12 |
| Pines de Comunicación | 2 | 2 | 10 | 4 |
| Corriente por cada pin (mA) | 20 | 20 | 40 | 40 |
| Velocidad de Reloj (MHZ) | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Precio | 20.40 | 20.83 | 32.63 | 20.70 |

Funete: (Bolaños, 2019).

Para la elección de cuál tipo de modelo de microcontrolador Arduino era el adecuado para la implementación del proyecto, se realizó una ponderación, para ello se utilizó el método AHP, que significa proceso analítico jerárquico por sus siglas en inglés. En la Tabla 6, se indica el resultado de la ponderación.

Tabla 6
Ponderación de microcontroladores Arduino

| Determinación del Microcontrolador Arduino | | | | | |
|--|--------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| Criterios | Precio | Pines Digitales | Entradas Analógicas | Pines Comunicación | Resultados Ponderación |
| Micro | 0,5172 | 0,1683 | 0,2878 | 0,1032 | 0,2281 |
| Uno | 0,2836 | 0,0750 | 0,0618 | 0,0650 | 0,1222 |
| Mega | 0,0657 | 0,5497 | 0,4572 | 0,5599 | 0,4267 |
| Leonardo | 0,1335 | 0,2069 | 0,1932 | 0,2719 | 0,2230 |
| Ponderaciones | 0,2558 | 0,1448 | 0,0517 | 0,5477 | |

Fuente: El Autor.

Como resultado, se determinó al Arduino Mega como el indicado para la ejecución del proyecto, debido a que por sus pines de comunicación es el óptimo para el desarrollo.

2.6.2. Características generales de la placa

Se trata de una placa basada en el microcontrolador ATmega2560, dispone de 54 entradas y salidas digitales, de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM. En la Figura 18, se muestra la placa, la cual es compatible con la mayoría de los módulos de expansión o shields. La placa posee más poder de cómputo, más capacidad de memoria y más líneas de expansión comparada con otras placas Arduino. Esta placa es ideal para proyectos más grandes, tales como controlar grandes cantidades de sensores en distintos proyectos. (Baeza & Pomares, 2017).

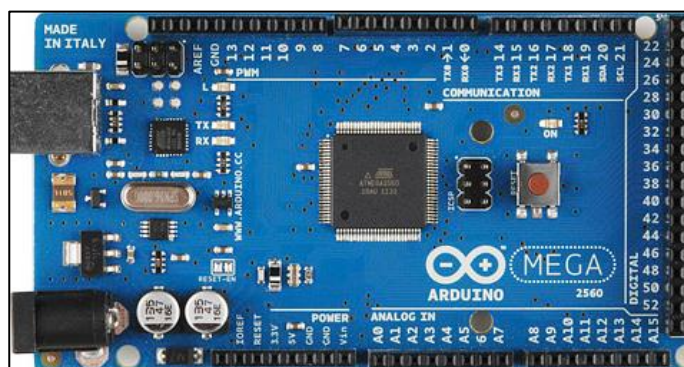


Fig. 18: Arduino Mega 2560.
Fuente: (Baeza & Pomares, 2017).

El programa tiene su propio entorno de programación, con la ayuda de un cable USB se podrá comunicar con el ordenador. La placa cuenta con su propia alimentación, no obstante, existen casos en los cuales es necesario una fuente externa porque en algunos casos la alimentación proporcionada por el USB no puede ser la suficiente. (Baeza & Pomares, 2017).

2.6.3. Sensor de corriente ACS712

Este tipo de sensor trabaja con un sensor de efecto Hall que se encarga de detectar el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. El sensor tiene una salida de voltaje proporcional a la corriente, dependiendo de los rangos que pueden ser de 5,20 y 30 amperios respectivamente.

Como se muestra la Figura 19, el sensor ACS 712 trae una bornera para conectar la línea que se requiere, obtener una medición y tres pines, los cuales, dos son de alimentación y un pin para la salida analógica.

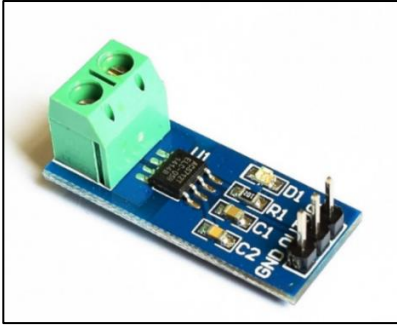


Fig. 19: Sensor ACS 712.
Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2016).

Para una corriente de cero amperios, el sensor entrega un valor de 2.5 voltios, y a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo con la sensibilidad, teniendo así una relación lineal entre la salida del voltaje del sensor y la corriente.

2.6.4. Módulo relé

Un relé es un interruptor accionado eléctricamente, es decir, que utilizan un electroimán para operar como un interruptor mecánico, dejando pasar la corriente o no, y la ventaja principal es que se puede controlar con voltajes bajos, como los 5v que utiliza la alimentación de un Arduino.

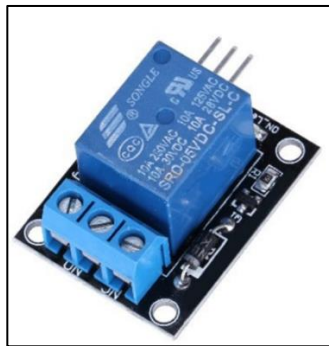


Fig. 20: Módulo Relé.
Fuente: (Arduino, 2017).

En la Figura 20, se indica un módulo relé, su funcionamiento es el mismo que controlar cualquier salida digital, el consumo de entrada de corriente es el mismo que se necesita para poder encender un led. Cuenta con contactos auxiliares, un NO (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrado), controlando así el funcionamiento de los contactores del sistema, y además si ocurre algún tipo de falla serán los encargados de desconectar el sistema de generación híbrida.

2.6.5. Comunicación RS-485 con Arduino

Para el envío de datos por RS485 se utiliza el circuito integrado MAX-485, el cual trabaja a 5 V, transformando los niveles de transmisión a niveles TTL. El pin Di se emplea para el envío de datos, mientras que el pin Ro se usa para la recepción de datos. Estos pines están conectados a una salida de Arduino, la cual los activa o desactiva según las necesidades. En la Figura 21, se aprecia la conexión del módulo Max RS-485. (Espada, 2016).

RS485 está definido como un sistema de comunicación en bus diferencial multipunto, es ideal para transmitir a velocidades medianas sobre largas distancias, y a través de canales ruidosos, ya que al utilizar voltajes diferenciales reduce los ruidos eléctricos que aparecen en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es el cable par trenzado, que admite hasta 32 estaciones en 1 solo bus, con una longitud máxima de 1200 metros, operando entre 300 y 19200 bit/s bajo comunicación half-duplex. (Espada, 2016), (Rabadan Barastegui, 2017).

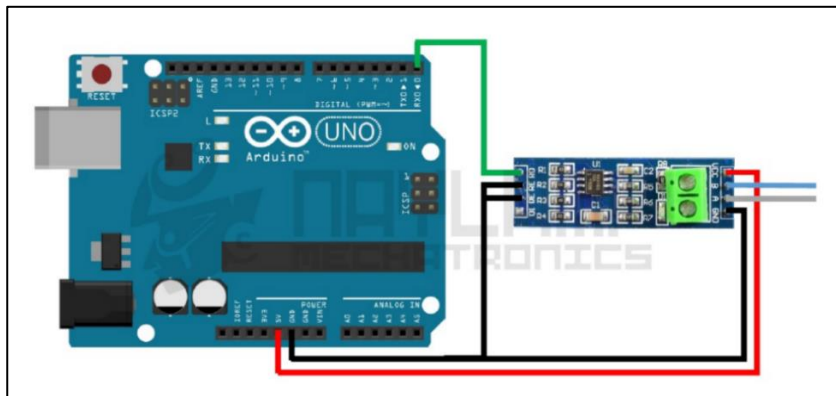


Fig. 21: Conexión del módulo Max RS-485.
Fuente:(Espada, 2016).

Para la comunicación entre dos equipos por RS485 es necesario tenerlos en configuración half-duplex, lo que significa interconectar los pines A de los dos equipos. Por otro lado, también tienen que ir interconectados los pines B de los dos equipos, o lo que es lo mismo, no cruzar las señales a diferencia del RS232. Además, los pines De y Re deberán tener un valor lógico alto para la transmisión de datos y un valor lógico bajo para la recepción de estos, por lo que, si se quiere iniciar una comunicación entre el maestro y el esclavo, el maestro deberá tener un nivel lógico alto en los pines De y Re, mientras que el esclavo deberá tener un nivel lógico bajo para estar configurado como receptor. (Cano, 2017).

2.6.6. Módulo Micro SD

En la Figura 22, se muestra el módulo microSD, el cual es un dispositivo que permite almacenar información en una tarjeta microSD, la lectura puede realizarse a través de bus SPI debido a su alta tasa de transferencia.

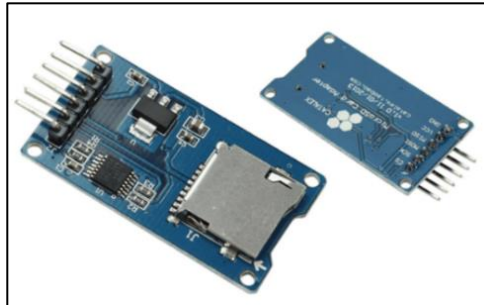


Fig. 22: Módulo Micro SD.
Fuente: (Arduino, 2017).

Debido a su diseño, la tarjeta puede ser extraída del módulo, como se indica en la Figura 22, con el fin de ser conectada a un ordenador con facilidad, siendo utilizado en proyectos de tipo datalogger, es decir, para mantener el registro de las mediciones que se estén obteniendo mediante algún tipo de sensor.

2.6.7. Pantalla Nextion

Nextion es una solución de una interfaz hombre máquina combinando un procesador integrado y una pantalla táctil. En la Figura 23, se muestra la pantalla Nextion de cinco pulgadas.

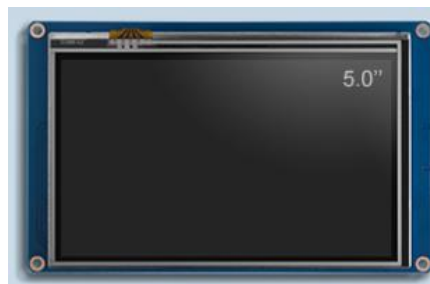


Fig. 23: Pantalla Nextion.
Fuente: (Nextion, 2020).

Este tipo de pantalla cuenta con su propio software de edición, en el cual se puede desarrollar diferentes diseños empleando las herramientas que cuenta el editor de Nextion dentro de las cuales se tiene gráficos, textos, botones, sliders, etc. Además de contar con instrucciones basadas en texto para codificar como interactúan los componentes. La pantalla Nextion se

conecta a través del monitor serial, lo que la hace ideal para comunicarse con el microcontrolador Arduino.

2.6.8. Diseño de placa para pulsadores

En la Figura 24, se muestra el diseño de la placa para la conexión de los pulsadores.

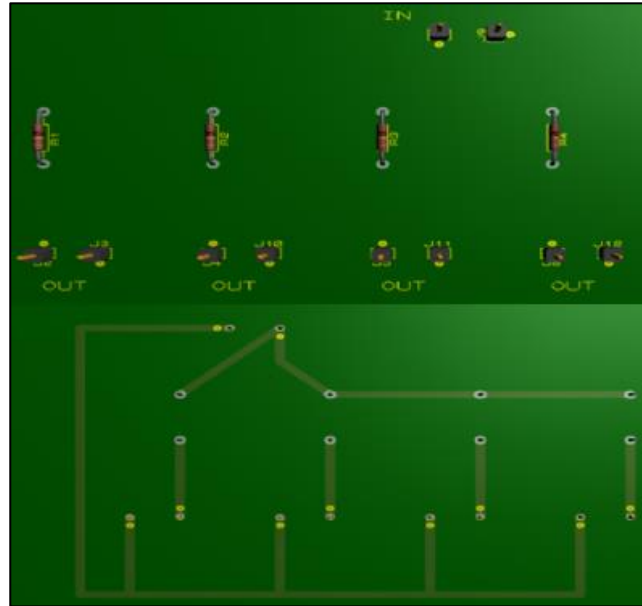


Fig. 24: Placa pulsadores.
Fuente: El Autor.

El diseño de la placa se realizó con el objetivo de facilitar la conexión de los pulsadores del tablero del sistema híbrido con el microcontrolador Arduino, adecuando su señal para poder ser utilizados.

2.6.9. Acondicionamiento de señal

En la Figura 25, se muestra un diagrama de bloques explicando el método a seguir para realizar el diseño del circuito de acondicionamiento de señal para el sensor de voltaje.

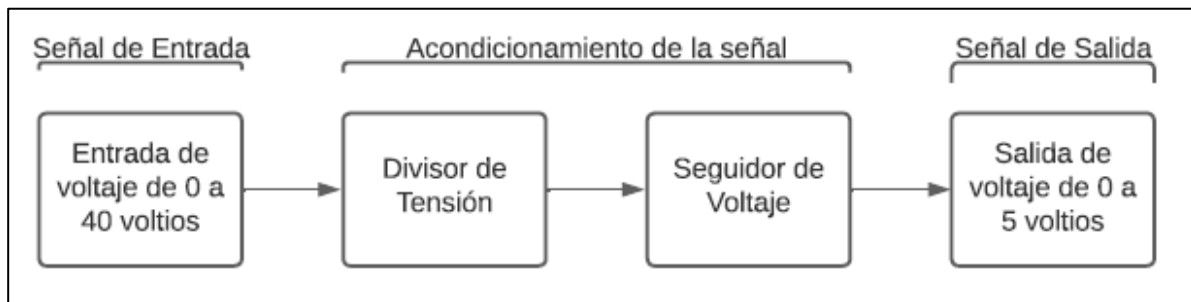


Fig. 25: Diagrama de bloques del acondicionamiento de señal.
Fuente: El autor.

Una vez establecido el método a aplicar se procedió a diseñar el circuito electrónico, para ello se empleó el programa Proteus, el cual permite la simulación del circuito como se muestra en la Figura 26.

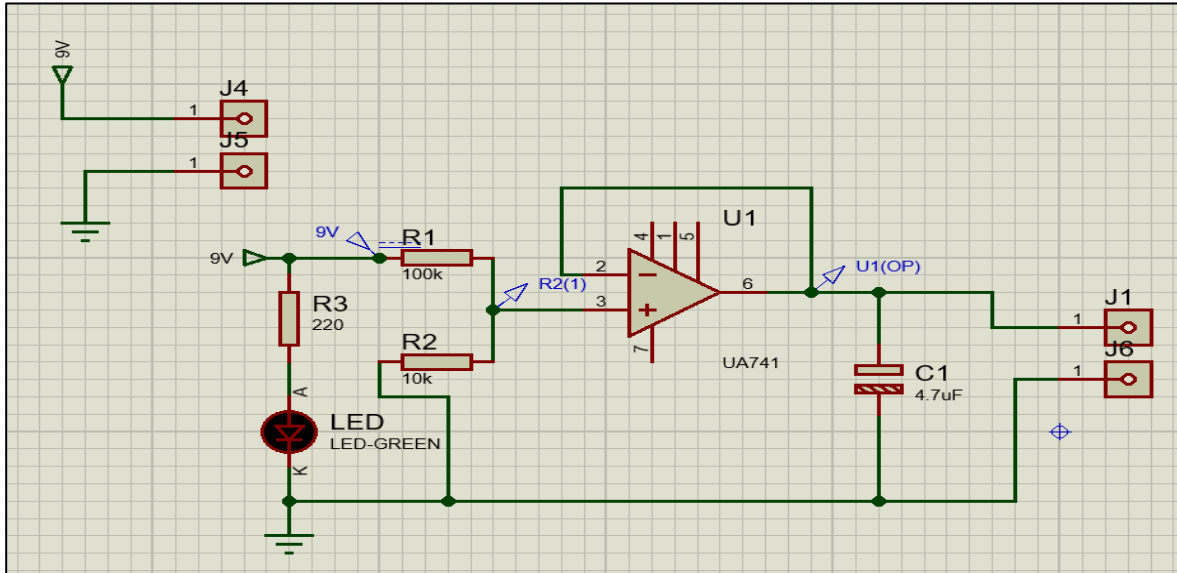


Fig. 26: Circuito del sensor de voltaje.
Fuente: El autor.

El circuito del divisor de tensión está conectado a un seguidor de voltaje de ganancia unitaria, para ello se utilizó el amplificador operacional UA741, el cual no proporciona una señal amplificada, esto significa que el voltaje de salida sigue directamente al voltaje de entrada, es decir que, si 5 V entra en el amplificador operacional como entrada, 5 V se obtiene a la salida. Este amplificador operacional no inversor de ganancia unitaria logra amortiguar la salida del circuito para que la carga reciba el voltaje que necesita, esto no afecta en ninguna manera la medición, además de no proporcionar ninguna amplificación al circuito, ni siquiera una atenuación a la señal.

2.6.10. Diseño del circuito

El circuito de un divisor de voltaje está constituido con resistencias en series, su voltaje de salida es una fracción fija del voltaje de entrada, el objetivo es tener una expresión que trate de relacionar el voltaje de salida con el voltaje de entrada como se muestra en la Ecuación (1).

$$v_{out} = v_{in} * \frac{R2}{R1 + R2} \quad (1)$$

Para los cálculos del divisor de voltaje se emplearon valores comerciales, el acondicionamiento de señal para el sensor de voltaje se diseñó para que soporte un voltaje máximo de 40 voltios DC. El voltaje máximo que generan los paneles solares es de 36 V y el sistema eólico con un voltaje máximo de 15 V en DC, el diseño del sensor de voltaje es óptimo para esas condiciones, utilizando la Ecuación (1) y tomando como referencia para los cálculos $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ y $R_1 = 100\text{ k}\Omega$. Entonces:

$$v_{out} = 40v * \frac{10k\Omega}{100k\Omega + 10k\Omega}$$

$$v_{out} = 3.63\text{ v}$$

El voltaje obtenido como resultado se encuentra menor a 5 V, valor el cual es totalmente aceptable para la lectura analógica del microcontrolador Arduino. En la Figura 27, se muestra una placa del sensor de voltaje diseñada en 3D, con cada uno de los componentes en su respectivo lugar, cumpliendo con las simulaciones necesarias para su implementación.

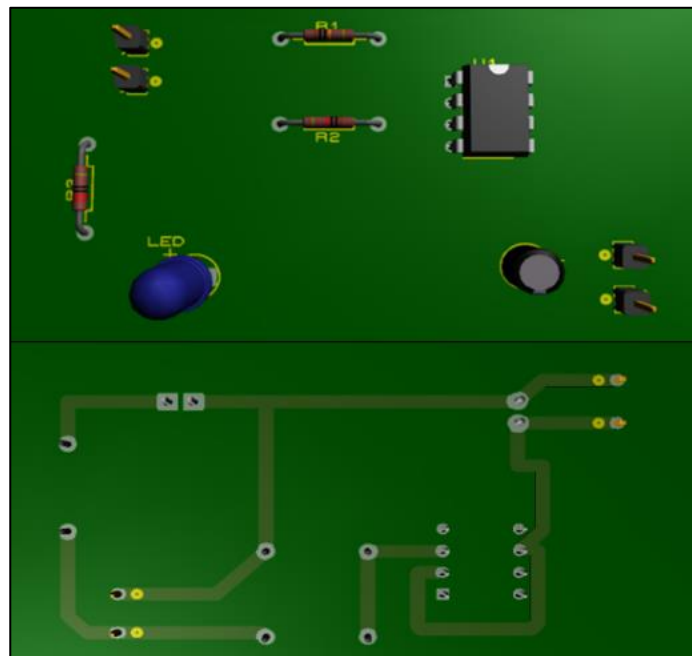


Fig. 27: Sensor de Voltaje.
Fuente: El Autor.

El diseño mostrado en la Figura 27, ha pasado las pruebas de simulación, permitiendo así poder pasar a la siguiente etapa que es diseñar y armar el sensor de voltaje en una placa PCB.

2.7. Diagrama de la herramienta de monitoreo y control

En la Figura 28, se muestra un diagrama de bloques que explica el funcionamiento de la herramienta de monitoreo y control.

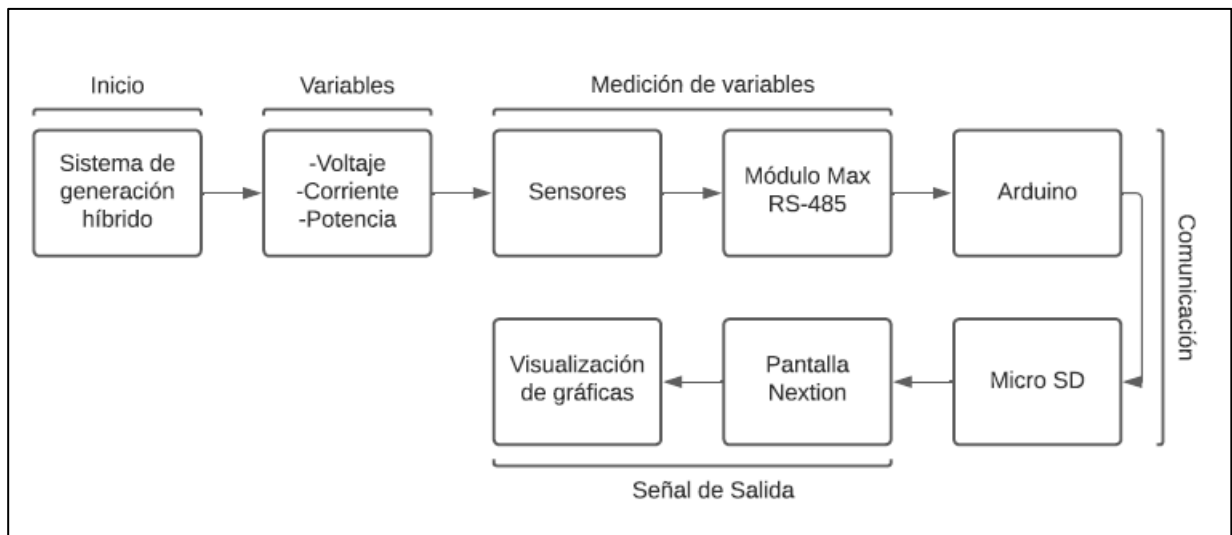


Fig. 28: Diagrama de bloques de la herramienta.
Fuente: El Autor.

Como se aprecia en la Figura 28, se inicia el sistema de generación híbrida, en donde se tendrá variables de voltaje, corriente y potencia tanto en AC como en DC, para sus respectivas mediciones se hace uso de sensores y módulos Max RS-485 que permitirán medir esas variables, para luego comunicarse con el microcontrolador Arduino y procesar esos datos y ser almacenados en una microSD, las variables podrán ser mostradas en la interfaz de la pantalla, finalmente se podrá visualizar las gráficas por medio de un ordenador. Una vez establecido el método a aplicar, se procedió a diseñar las conexiones de los distintos dispositivos con el microcontrolador Arduino.

En la Tabla 7, se describe como están destinados a conectarse cada uno de los pines del microcontrolador Arduino Mega 2560, siendo ubicados de una manera estratégica para su respectiva implementación.

TABLA 7
Conexiones de Arduino Mega 2560

| Pines de conexión del microcontrolador. | Módulo o sensor. |
|--|------------------------------|
| Pin analógico A1 | Un sensor de voltaje_1 |
| Pin analógico A2 | Un sensor de voltaje_2 |
| Pin analógico A4 | Un sensor de corriente_1 |
| Pin analógico A5 | Un sensor de corriente_2 |
| Salida en pin digital 6 | Un relé R_1 |
| Salida en pin digital 7 | Un relé R_2 |
| Entrada en el pin digital 8 | Un pulsador de marcha |
| Entrada en el pin digital 9 | Un pulsador de paro |
| Entrada en el pin digital 10 | Un pulsador de marcha |
| Entrada en el pin digital 12 | Un pulsador de paro |
| Entrada RX0 en el pin digital 0 | Comunicación con pantalla TX |
| Entrada TX0 en el pin digital 1 | Comunicación con pantalla RX |
| Primer módulo Max RS-485 | |
| Pin digital 3 | DE |
| Pin digital 2 | RE |
| Entrada TX 3 pin digital 14 | DI |
| Entrada RX 3 pin digital 15 | RO |
| Segundo módulo Max RS-485 | |
| Pin digital 25 | DE |
| Pin digital 27 | RE |
| Entrada TX 2 pin digital 16 | DI |
| Entrada RX 2 pin digital 17 | RO |
| Tercer módulo Max RS-485 | |
| Pin digital 29 | DE |
| Pin digital 31 | RE |
| Entrada TX 1 pin digital 18 | DI |
| Entrada RX 1 pin digital 19 | RO |
| Módulo Micro SD | |
| Entrada en el pin digital 53 | CS |
| Entrada en el pin digital 52 | SCK |
| Entrada en el pin digital 51 | MOSI |
| Entrada en el pin digital 50 | MISO |

Fuente: El Autor.

En la Figura 29, se presenta el diagrama unifilar de cada una de los módulos y sensores necesarios para el desarrollo de la herramienta de monitoreo y control.

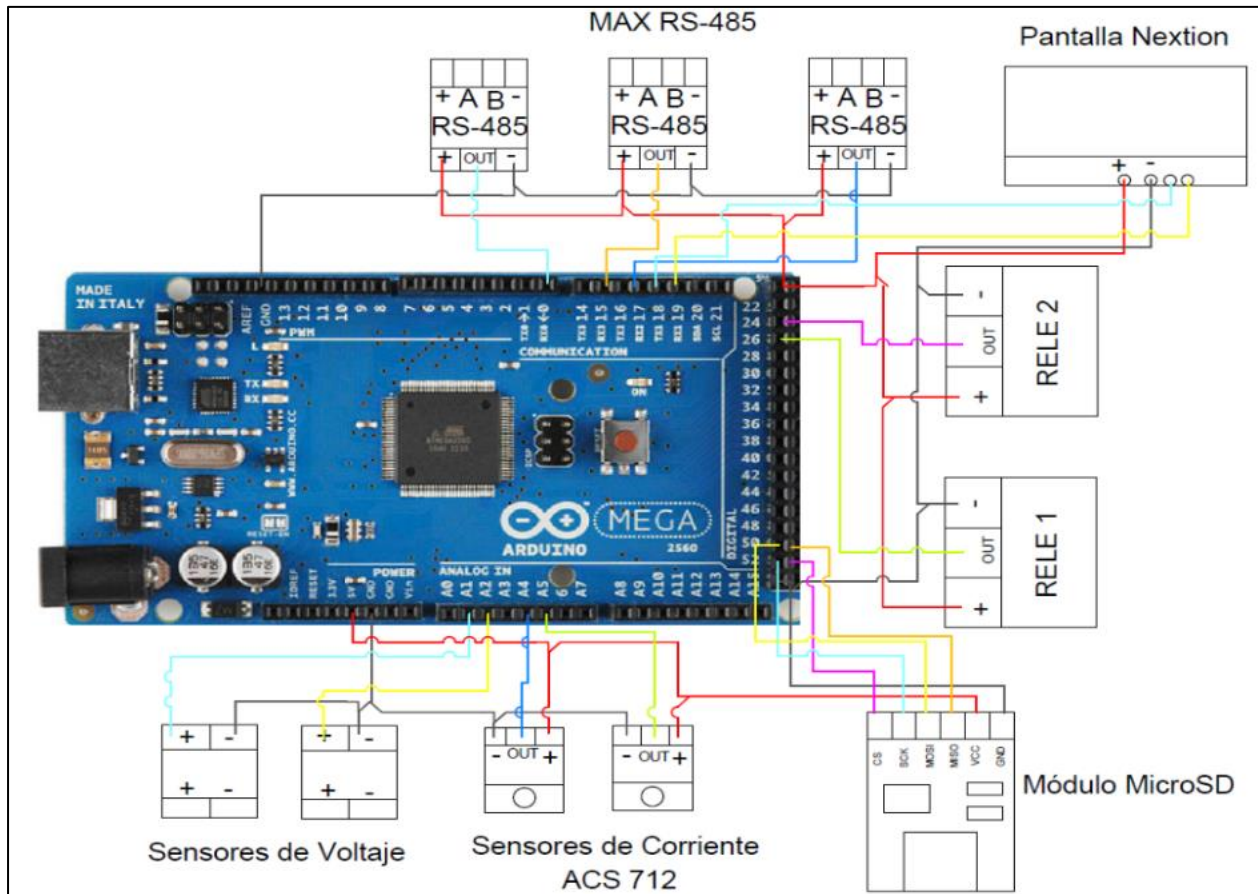


Fig. 29: Diagrama multifilar del microcontrolador.
Fuente: El Autor.

Cada módulo y sensor cuenta con su propio diagrama de conexiones, los cuales se muestran en la sección de Anexos C, D, E, F, G, H, I. El código de programación se encuentra en lenguaje tipo C, el código describe las acciones que debe realizar cada uno de los sensores, módulos y pantalla, obteniendo una comunicación adecuada y eficiente entre cada acción que realice el microcontrolador. El código de programación se puede observar en el Anexo N.

En la Figura 30, se describe un diagrama de flujo de la programación del microcontrolador Arduino Mega 2560.

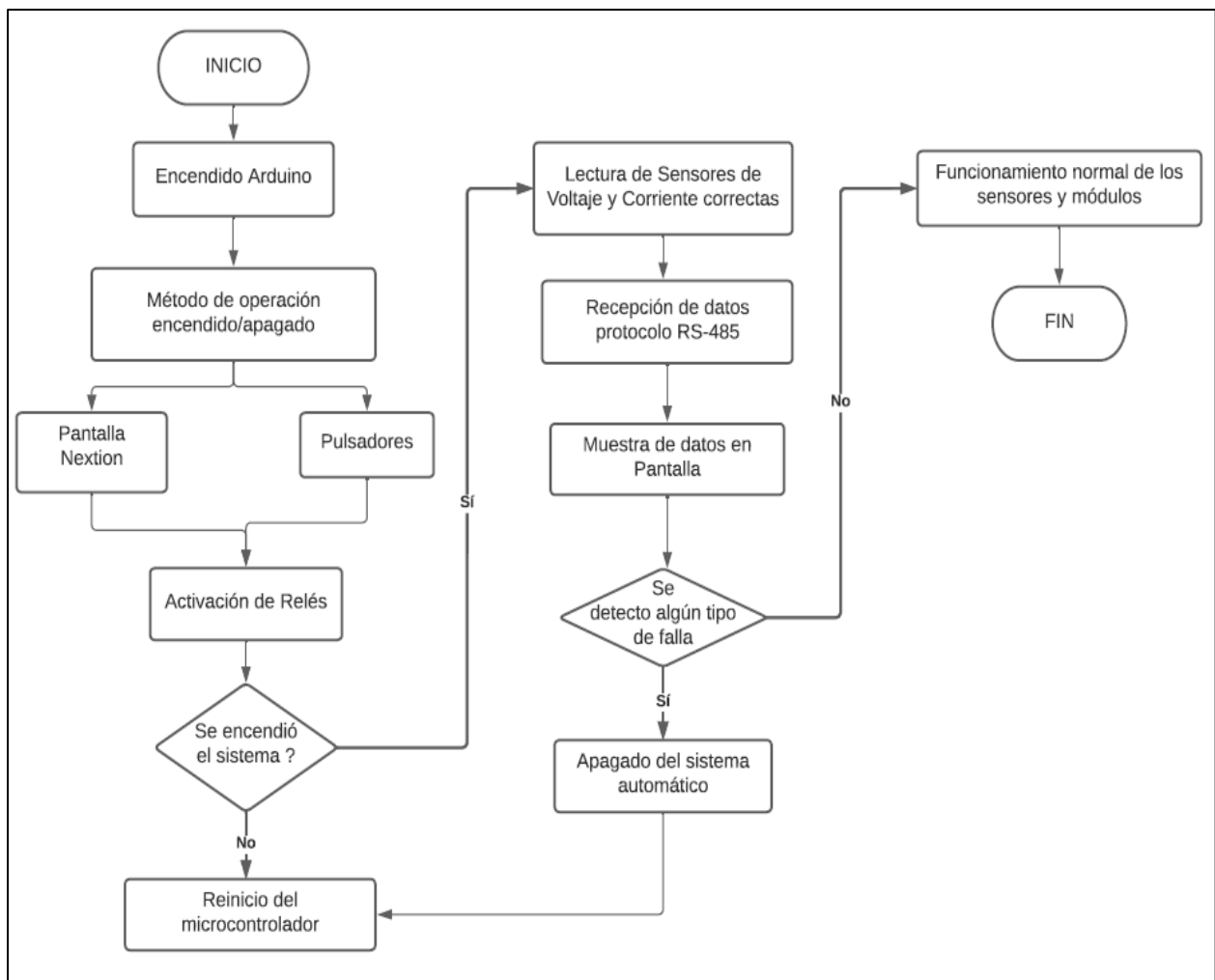


Fig. 30: Diagrama de flujo de la programación.
Fuente: El Autor

Como se muestra en la Figura 30, se inicia encendiendo el microcontrolador, mediante cualquier método de operación, ya sea por medio de la interfaz de la pantalla o los pulsadores, se activarán los relés, los cuales accionaran los contactores que inicializan al sistema de generación híbrida. Una vez que el sistema se encuentre en funcionamiento, los sensores de voltaje y de corriente empezará a tomar datos, al igual que los módulos Max RS-485 que adquirirán datos de los analizadores de red AC, si se detecta algún tipo de falla como sobrecorriente o si la red eléctrica se encuentra desconectada el sistema se apagará automáticamente. Todos los parámetros obtenidos se podrán observar en la interfaz de la pantalla.

2.8. Diseño de la Interfaz de la Pantalla

En la Figura 31, se muestra un diagrama de flujo, representado de manera grafica el proceso de funcionamiento que tendrá la interfaz de la pantalla.

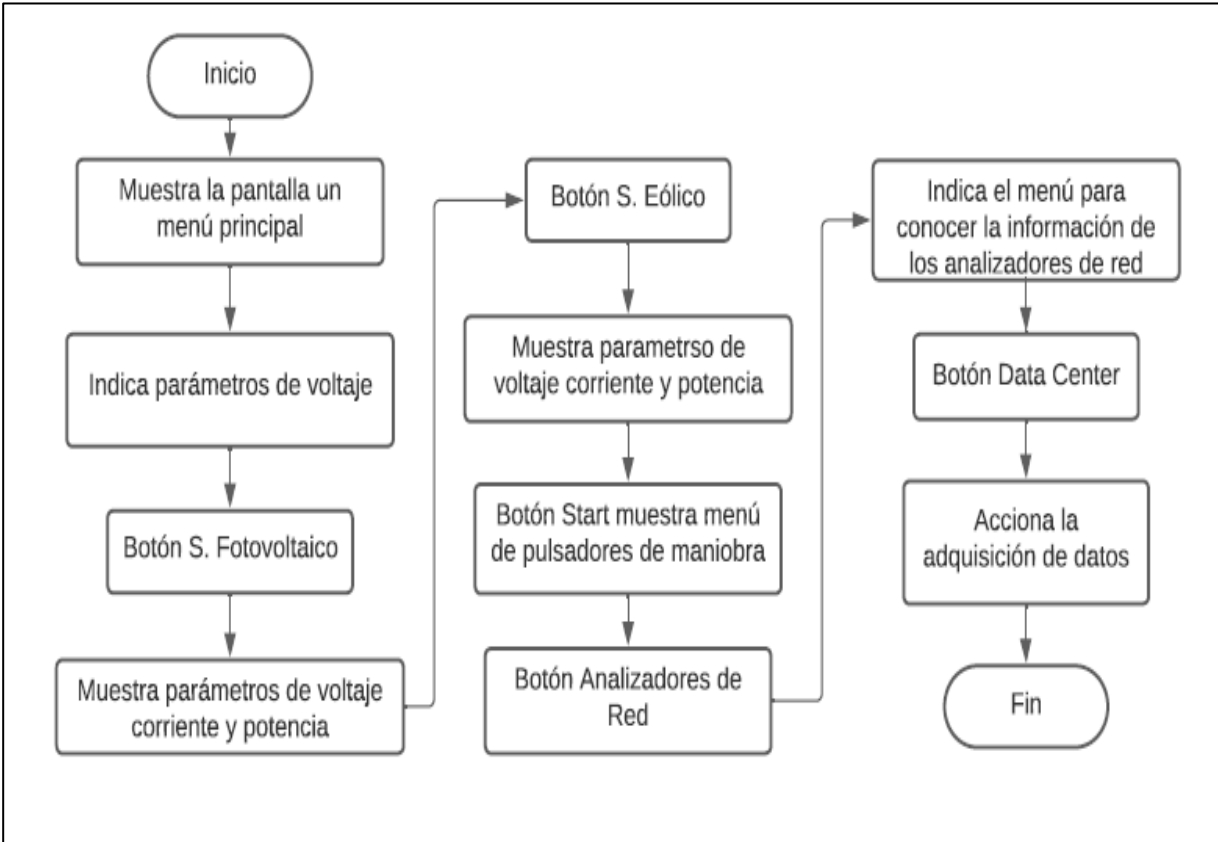


Fig. 31: Diagrama de flujo de la interfaz de la pantalla.
Fuente: El Autor.

La pantalla se iniciará mostrando un menú principal, en donde se podrá observar parámetros de voltaje DC de ambos sistemas de generación. Tanto el sistema fotovoltaico, como el eólico, tendrán un menú respectivamente para mostrar los parámetros de voltaje, corriente y potencia de cada sistema. Se tendrá un menú para los pulsadores de maniobra, los analizados de red y para el data center.

2.9. Diseño de adquisición de datos

Para una mejor interpretación de los parámetros obtenidos por los sensores, se diseñó una base de datos, que se encargará de almacenar los parámetros de voltaje, corriente y potencia en DC. En la Figura 32, se muestra el diagrama de flujo de la adquisición de datos.

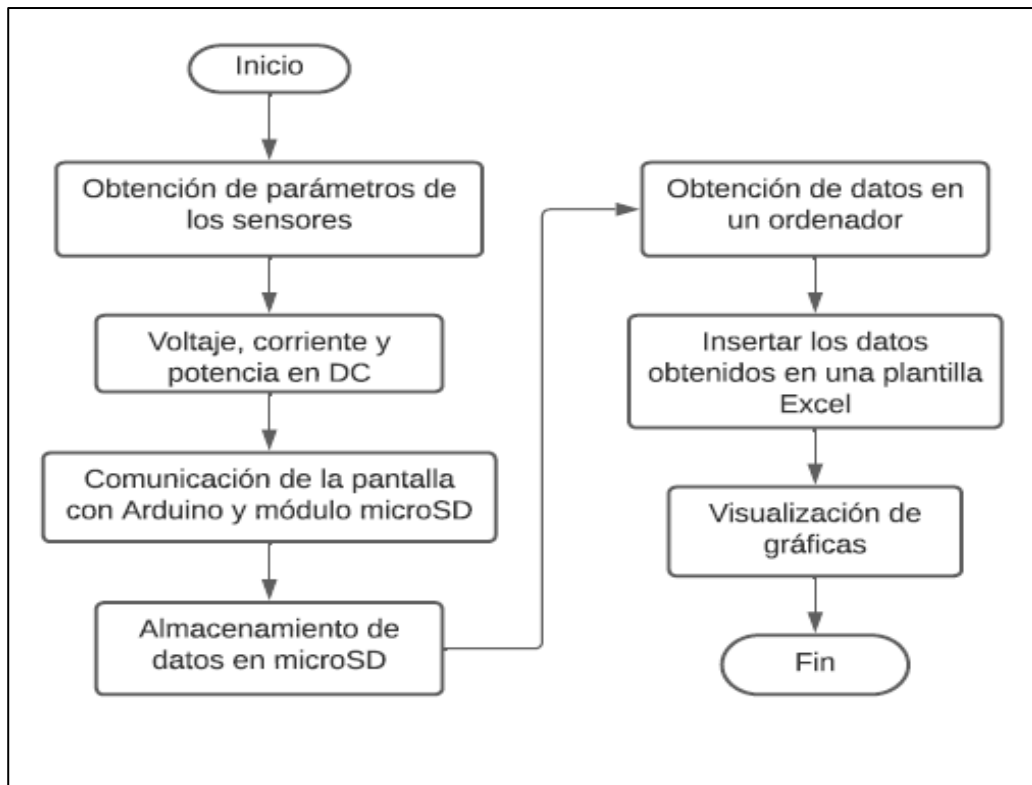


Fig. 32: Diagrama de flujo de la adquisición de datos.
Fuente: El Autor.

Una vez que se hayan obtenido los parámetros de voltaje, corriente y potencia por parte de los sensores. Mediante la interfaz de la pantalla se podrá acceder a un menú, el cual se encargará de realizar la comunicación entre el Arduino y el módulo microSD. Con el uso de un ordenador se podrá observar las variables almacenadas en la tarjeta, para ello se creó una plantilla en Excel, la cual mejorará la interpretación de los parámetros, y se podrá visualizar las gráficas de cada una de las variables medidas.

2.10. Diseño de tableros

Para colocar cada uno de los respectivos componentes que hacen parte de la herramienta de monitoreo y control se realizó un pequeño plano, con la ayuda del software AUTOCAD. La parte externa se encargará de proteger todos los componentes de la herramienta de monitoreo y control, en la puerta del tablero se ubicará la pantalla, como se muestra en la Figura 33.

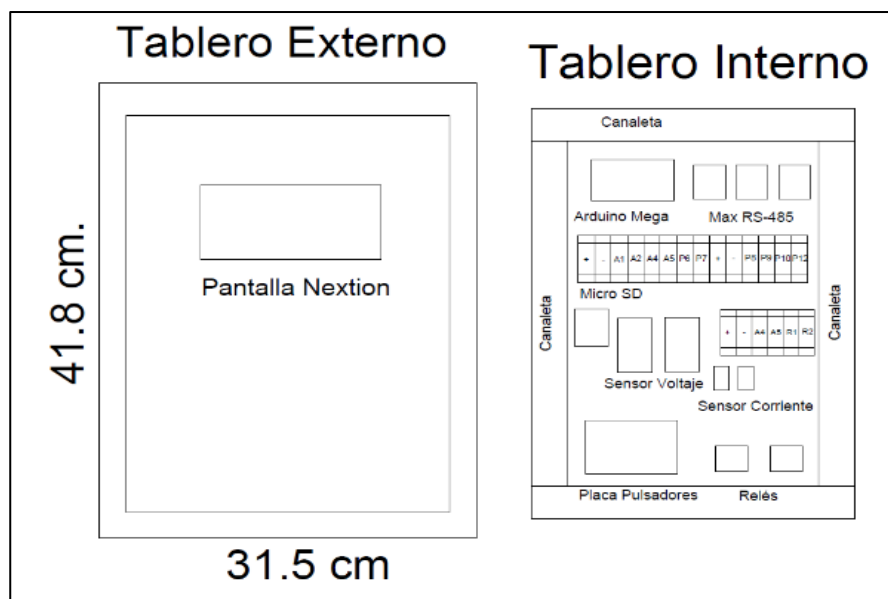


Fig. 33: Diseño de Tableros.
Fuente: El Autor.

El tablero contendrá todos los módulos y sensores. Para una mejor conexión se utilizará borneras, así como también canaletas para la protección de los cables y que tenga un buen aspecto visual.

2.11. Dimensionamiento de protecciones

Para que el sistema de monitoreo y control sea más eficiente se implementó ciertas condiciones para la desconexión automática de todo el sistema en general.

Para comprobar su correcto funcionamiento se empleó la siguiente ecuación:

$$I_{max} = I_{SC} * 1.25 \quad (2)$$

Donde:

I_{max} : Corriente máxima que soporta.

I_{SC} : Corriente de cortocircuito.

Factor de seguridad: 1.25.

2.11.1. Cálculo de protecciones Sistema Fotovoltaico

Como la corriente máxima de generación es de 22.52 A, en la programación se puede colocar una serie de condiciones para que los relés puedan desconectar el sistema, la condición será si los sensores de corriente miden un parámetro mayor a 25 A se desconecte el sistema de

generación fotovoltaico, se debe tomar en cuenta que la protección debe contar con una corriente nominal de al menos 1.25 veces mayor a la corriente de cortocircuito. Empleando la ecuación (2), se obtiene los siguientes resultados.

$$I_{max} = 18.02 * 1.25$$

$$I_{max} = 22.52 A$$

2.11.2. Cálculo de protecciones Sistema Eólico

La corriente máxima de generación es de 11.37 A, para desconectar el sistema mediante los relés debe ser que el sensor de corriente respectivo tenga una medición mayor a 16 A para que realice la desconexión, se debe tomar en cuenta que la corriente nominal debe ser 1.25 veces mayor a la corriente de cortocircuito. Empleando la ecuación (2), se muestra el siguiente resultado.

$$I_{max} = 9.01 * 1.25$$

$$I_{max} = 11.37 A$$

Para finalizar, la herramienta de monitoreo y control se llevó a cabo con el diseño y elección de cada uno de los sensores y módulos compatibles con Arduino, en donde cada elemento fue sometido a pruebas para determinar su correcto funcionamiento, obteniendo parámetros eficientes, logrando determinar que cada uno de los componentes cumpla su función en específico para el funcionamiento óptimo de la herramienta de monitoreo y control.

Para finalizar, el diseño permitió la elección correcta de cada uno de los distintos módulos y sensores necesarios para el desarrollo del proyecto. Cada uno de los elementos fue sometido a pruebas para verificar su correcto funcionamiento, para luego ser implementados para el desarrollo de una herramienta práctica para la adquisición, monitoreo y control de un sistema de generación híbrido.

CAPÍTULO 3

Implementación y pruebas de funcionamiento

3.1. Implementación de placa PCB

En la Figura 34, se observa el circuito electrónico de la Figura 27 del Capítulo 2, implementado en una placa PCB, con cada uno de sus componentes necesarios para el funcionamiento adecuado del sensor de voltaje.



Fig. 34: Placa sensor de voltaje.
Fuente: El Autor.

El circuito diseñado de la Figura 24 del Capítulo 2, se lo implemento en una placa PCB, el cual servirá para conexión de los pulsadores que se encuentran previamente instalados en el tablero del sistema de generación híbrida. En la Figura 35, se muestra la placa de los pulsadores.

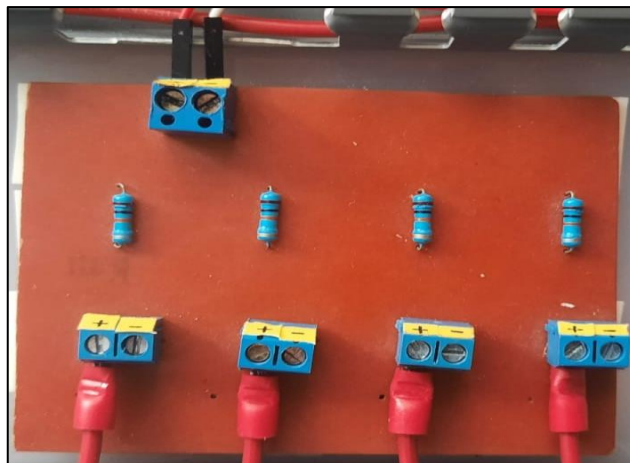


Fig. 35: Placa de pulsadores.
Fuente: El Autor.

La placa PCB para los pulsadores se adaptó de tal manera que estos funcionen con una entrada de 5 V, con la ayuda de la programación descrita en el Anexo N, los pulsadores se encargan de dar marcha y paro a cada uno de los sistemas de generación.

3.2. Placa PCB para el módulo Max RS-485

Como se muestra en la Figura 36, se realizó una placa PCB para el módulo Max RS-485.

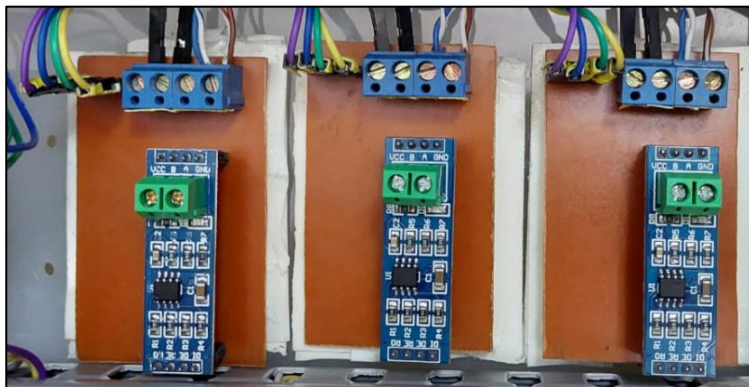


Fig. 36: Placas Módulo Max RS485.
Fuente: El Autor

La placa PCB que se muestra en la Figura 36, previamente fue diseñada en el programa Proteus, para poder implementarla de una manera más adecuada en el tablero, facilitando la conexión de cada uno de sus terminales.

3.3. Implementación del tablero

El tablero fue implementado de tal manera que pueda ser de fácil extracción en caso de mantenimiento o por algún desperfecto por parte de los componentes, por ejemplo, los sensores de corriente o los módulos de comunicación Max RS-485. En la Figura 37, se muestra el tablero con cada uno de sus componentes.

Elementos del tablero.

1. Microcontrolador Arduino.
2. Módulos MAX RS485.
3. Módulo Micro SD.
4. Sensores de voltaje DC.
5. Sensores de corriente ACS712 30A DC.
6. Placa pulsadores.
7. Módulos relés.

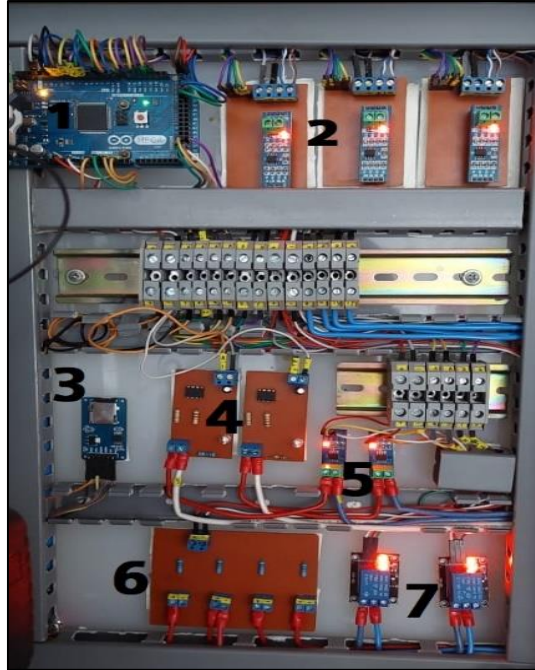


Fig. 37: Tablero de conexiones.
Fuente: El Autor

Para las diferentes conexiones entre los sensores y módulos se utilizó cables tipo jumper con terminales macho a macho, como se muestra en la Figura 37, estos cables son muy utilizados para las conexiones de placas, ya que son flexibles y sus terminales se conectan fácilmente con el microcontrolador Arduino mega 2560. Cada sensor cuenta con su respectivo diagrama de conexiones que se encuentran en la parte de Anexos C, D, E, F, G, H, I. En la parte fija del tablero se encuentra la pantalla NEXTION como se indica en la Figura 38. La pantalla se encarga de mostrar los datos obtenidos de los sensores y módulos conectados.

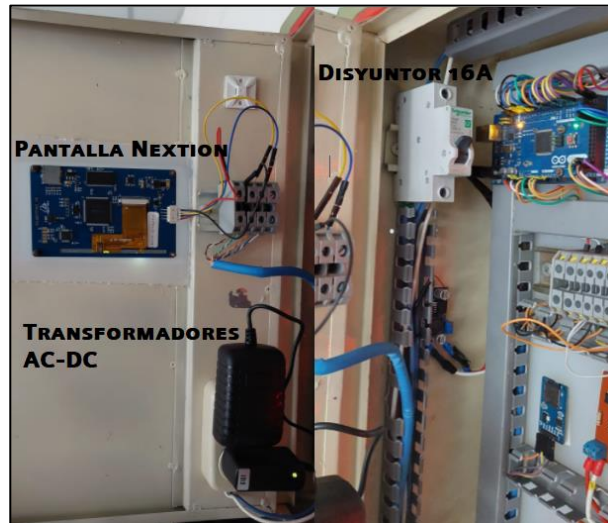


Fig. 38: Parte fija del tablero.
Fuente: El Autor.

En la puerta del tablero se encuentra los transformadores AC-DC, que son los encargados de energizar al microcontrolador y a los módulos.

En la Figura 39, se muestra el tablero que contiene a los distintos componentes de la herramienta de monitoreo y control conectado con el tablero de generación híbrida eólico fotovoltaico. En el Anexo B se puede apreciar el diagrama unifilar de conexiones de los tableros.



Fig. 39: Tableros conectados.
Fuente: El Autor.

Las conexiones para la comunicación de cada uno de los analizadores de red se realizaron con cable de tipo UTP, los sensores de voltaje y de corriente están conectados mediante cable de tipo THHN número 18 AWG.

3.4. Conexión de Analizadores de red con modulo Max -RS485

Para iniciar la comunicación se debe configurar cada uno de los analizadores de red, como se muestra en la Figura 40, se debe acceder al panel de comunicación, para luego habilitar el rango de mediciones que se encuentra en 1-127, luego se selecciona la velocidad de comunicación, en este caso es de 9600 bps.



Fig. 40: Configuración de analizadores.
Fuente: El Autor.

El analizador de la marca LIFASA, cuenta con un solo menú de configuración, en cambio, los otros dos analizadores de la marca MORNING GROUP, tienen submenús que hay que ir configurando, finalmente se conectó cada uno de los analizadores con los módulos de comunicación MAX RS-485, para ello se empleó los puertos A y B que son destinados para este tipo de comunicaciones, para la conexión entre ellos se ocupó cable blindado UTP.

3.5. Interfaz de la Pantalla

La pantalla NEXTION cuenta con su propio software, en el cual se diseña cada una de las páginas que se mostrarán en la pantalla, en las cuales se puede agregar una serie de elementos como botones, textos, imágenes, números, sliders y barras, además de agregar cada una de las acciones que va a realizar cada uno de ellos, proporcionando una visualización entre la persona y los distintos componentes que conforman la herramienta de monitoreo y control, en la Figura 41, se muestra el diseño final que tendrá la pantalla.

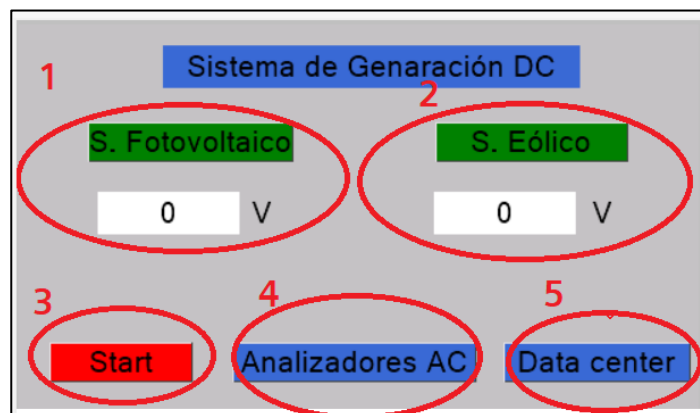


Fig. 41: Interfaz de la pantalla.
Fuente: El Autor.

A continuación, se detalla las partes que tiene la interfaz de la pantalla.

1. Datos del sistema fotovoltaico.
2. Datos del sistema eólico.
3. Menú de accionamiento de relés.
4. Acceso al menú de los analizadores de red.
5. Acceso a la Data center.

En la Figura 42, se muestra el menú de los sistemas de maniobra, el cual cuenta con botones de marcha y paro para los dos sistemas de generación.

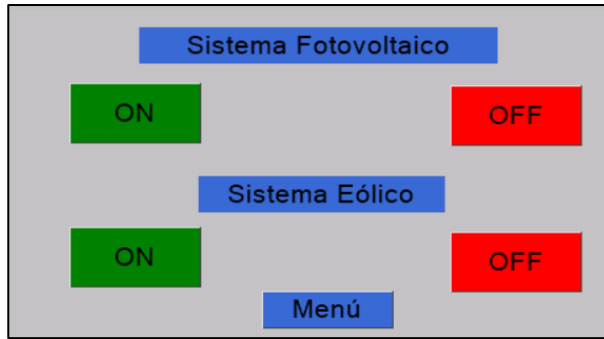


Fig. 42: Diagrama multifilar del microcontrolador.
Fuente: El Autor.

Como se indica en la Figura 43, da a conocer la interfaz que para poder observar los parámetros de voltaje, corriente y potencia que se están generando en tiempo real. El diseño es similar para los dos sistemas de generación.



Fig. 43: Interfaz detallada de datos.
Fuente: El Autor.

En la Figura 44, se observa la interfaz del menú para los analizadores de red, cada uno de ellos cuenta con un submenú en el cual se muestra los datos obtenidos a través del protocolo RS-485.



Fig. 44: Menú analizadores de red.
Fuente: El Autor.

El submenú, que se muestra en la Figura 45, muestra la interfaz de un analizador de red Carga CIELE, en el cual se podrá observar los datos de voltaje, corriente y potencia. Esta interfaz es similar para cada uno de los analizadores.

| | Voltaje | Corriente | Potencia |
|---------|---------|-----------|----------|
| Línea 1 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |
| Línea 2 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |
| Línea 3 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |

Fig. 45: Datos del analizador de Carga CIELE.
Fuente: El Autor.

3.6. Base de Datos

Para una mejor interpretación de los parámetros obtenidos por los sensores se diseñó una base de datos, que se encargara de almacenar los datos de voltaje, corriente y potencia en DC, como se indica en la Figura 46, se muestra el botón de acceso al submenú para la adquisición de datos.

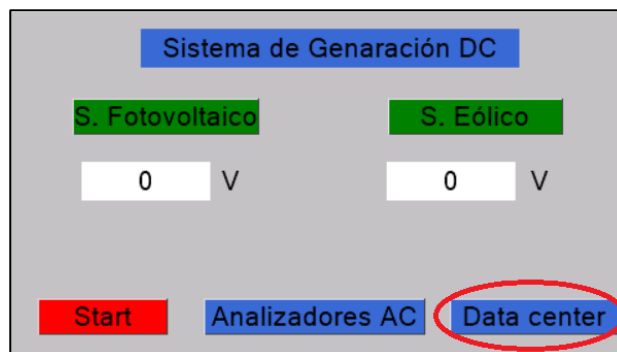


Fig. 46: Boton de menú para el Data center.
Fuente: El Autor.

En la Figura 47, muestra el submenú de la base de datos, una vez que se inicie la obtención de datos estos serán guardados en la microSD.

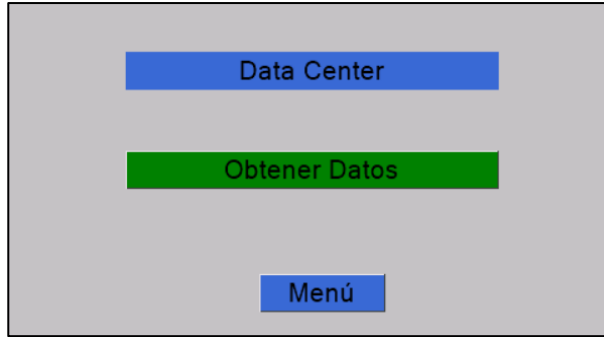


Fig. 47: Interfaz del Data center.
Fuente: El Autor.

En la Figura 48, se observa el mensaje que mostrará la pantalla, dando a conocer que los parámetros están siendo guardados en la microSD.

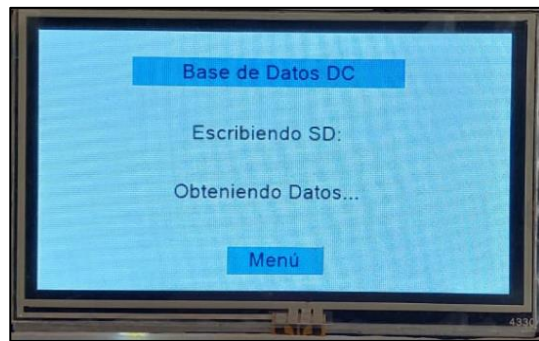


Fig. 48: Base de datos.
Fuente: El Autor.

Los datos guardados en la microSD serán insertados en una plantilla de Excel mediante un ordenador, con el objetivo de obtener las gráficas de los datos. En la Figura 49, se indica la hoja en donde los datos deberán ser insertados.

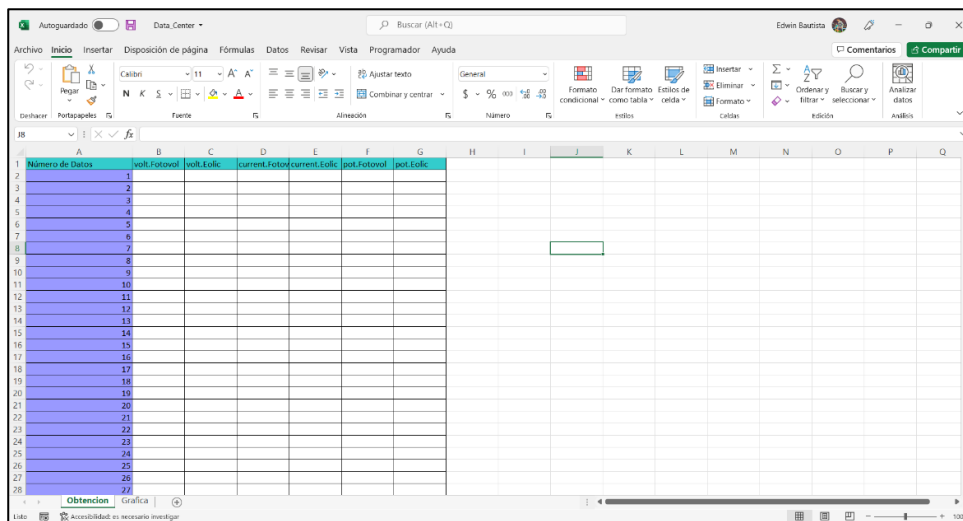


Fig. 49: Plantilla de Excel.
Fuente: El Autor.

Una vez insertados los datos, estos automáticamente serán graficados en la siguiente hoja del documento, en la Figura 50, se muestra el diseño para observar las gráficas.

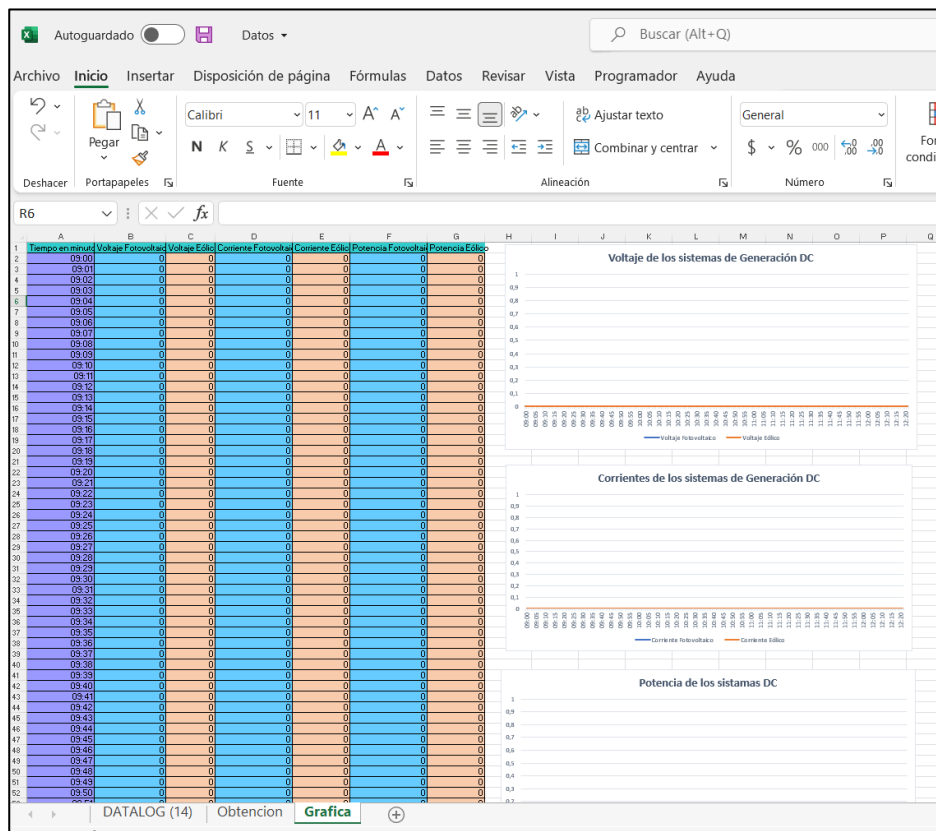


Fig. 50: Gráficas de los datos obtenidos.
Fuente: El Autor.

Por medio de las gráficas se podrá realizar un análisis más específico sobre los parámetros obtenidos de voltaje, corriente y potencia, tanto del sistema de generación fotovoltaico, como del sistema de generación eólico, con el fin de observar la eficiencia del sistema híbrido durante su funcionamiento.

3.7. Pruebas de funcionamiento de Alertas

El sistema de alarmas se accionará en el caso de desconexión de la red eléctrica y en otro en el caso de sobrecorriente que pueda llegar a sufrir el sistema, en la Tabla 8, se muestra las alarmas con su significado.

TABLA 8
Alarmas

| Alarma | Significado |
|---------------------|---|
| RE Desconectado | Red eléctrica se encuentra sin energía |
| Sobrecorriente S.F. | Sobrecorriente en el sistema fotovoltaico |
| Sobrecorriente S.E. | Sobrecorriente en el sistema eólico |

Fuente: El Autor.

En la Figura 51, se muestra la alarma correspondiente a que la red eléctrica se encuentra desconectada, esto debió a que el sistema híbrido se encuentra conectado a la red eléctrica y este inyecta energía a las líneas de suministro, por lo cual debe de desconectarse evitando algún tipo de accidente.



Fig. 51: Alarma Red Eléctrica.
Fuente: El Autor.

Las sobrecorrientes se pueden producir cuando se excede la carga normal del circuito, los sensores ACS 712 que soportan una carga de 30A se encargará de medir estos parámetros y dar aviso si se produce una sobrecorriente, para luego por medio de los relés estos puedan desconectar todo el sistema híbrido.

Como se puede apreciar en la Figura 52, el mensaje que aparece en la pantalla principal, se debe alguna anomalía en el sistema de generación fotovoltaico.



Fig. 52: Sobrecorriente S. Fotovoltaico.
Fuente: El Autor.

De la misma manera, para el sistema eólico, se muestra un mensaje de sobrecorriente como se indica en la Figura 53.



Fig. 53: Sobrecorriente S. Eólico.
Fuente: El Autor.

Tanto en la Figura 52, como en la Figura 53, se muestra las alarmas respectivamente para cada sistema, cuando esto suceda se enviará una señal a los relés, los cuales se encargarán de la desconexión del tablero de generación híbrida.

3.8. Análisis de Resultados

El análisis se lo realizó durante un lapso de 30 días. Los resultados que se obtuvieron a través del prototipo son sustentados con un instrumento de medición como es el multímetro, los valores mostrados coinciden con la referencia

3.8.1. Voltaje

- Datos obtenidos en las mañanas entre las 9:00 y 12:00 de la mañana.

En la Figura 54, se muestra los datos obtenidos de voltaje, los valores fotovoltaicos según la gráfica muestra que durante el transcurso de la mañana tienen ciertos picos debido al transcurso del día, a las 12:20 horas de la mañana se muestra un aumento de voltaje de 33 V, este valor aumentara debido a que en esas horas se encuentra el pico más alto de generación fotovoltaica.

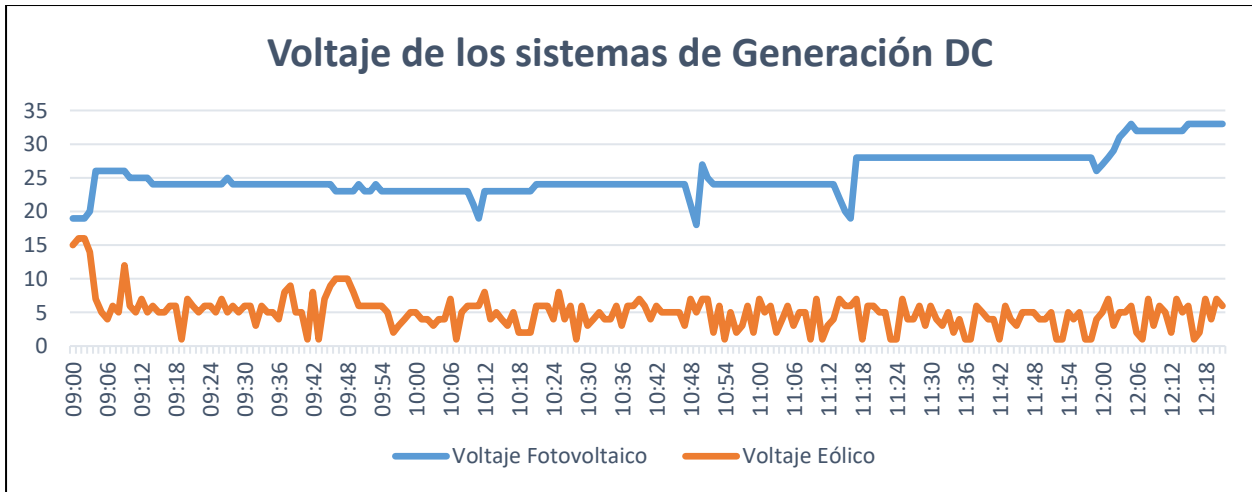


Fig. 54: Datos de voltaje en la mañana.

Fuente: El Autor.

El voltaje del sistema eólico se muestra variante, esto debido a las condiciones del viento que se dan durante la mañana, mostrando variaciones muy notorias, como pico más alto se tiene un valor de 12 V.

- Datos obtenidos en las tardes entre las 15:00 y 18:00 horas de la tarde.

En la Figura 55, se muestran las mediciones de voltaje, los valores fotovoltaicos tienden a tener un comportamiento decreciente, esto debido al transcurso de las horas hasta llegar al atardecer, como resultado se muestra un descenso de voltaje que llega hasta los 17 V y seguirá disminuyendo hasta que su valor se encuentre en cero.

El voltaje del sistema eólico muestra variaciones, como pico más alto se tiene un valor de 17 V, en estas circunstancias el sistema eólico se encarga de suplir las pérdidas que se tienen por parte del sistema fotovoltaico.

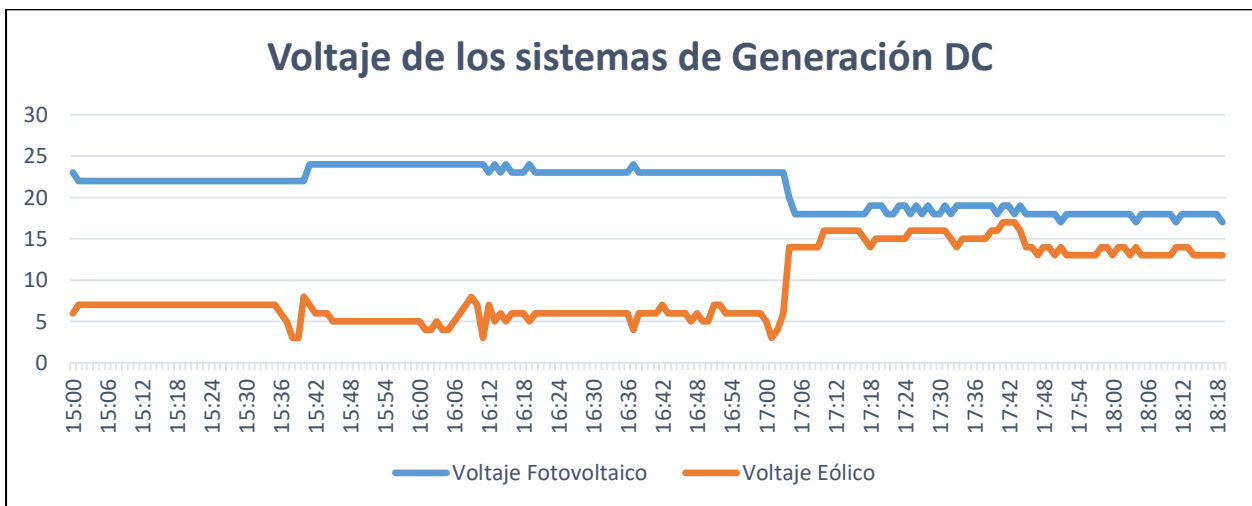


Fig. 55: Datos de voltaje en la tarde.

Fuente: El Autor.

- Datos obtenidos durante las 17:00 horas hasta las 10:00 horas de la mañana.

Como se indica en la Figura 56, en los parámetros fotovoltaicos se aprecia un descenso en sus valores de voltaje, mientras cae la noche los valores van decreciendo hasta llegar a cero y mantenerse constante durante la noche, se observó que a partir de las 6:10 horas de la mañana se tiene un voltaje de 7 V como mínimo esto mientras amanece y el valor va aumentando durante la mañana.

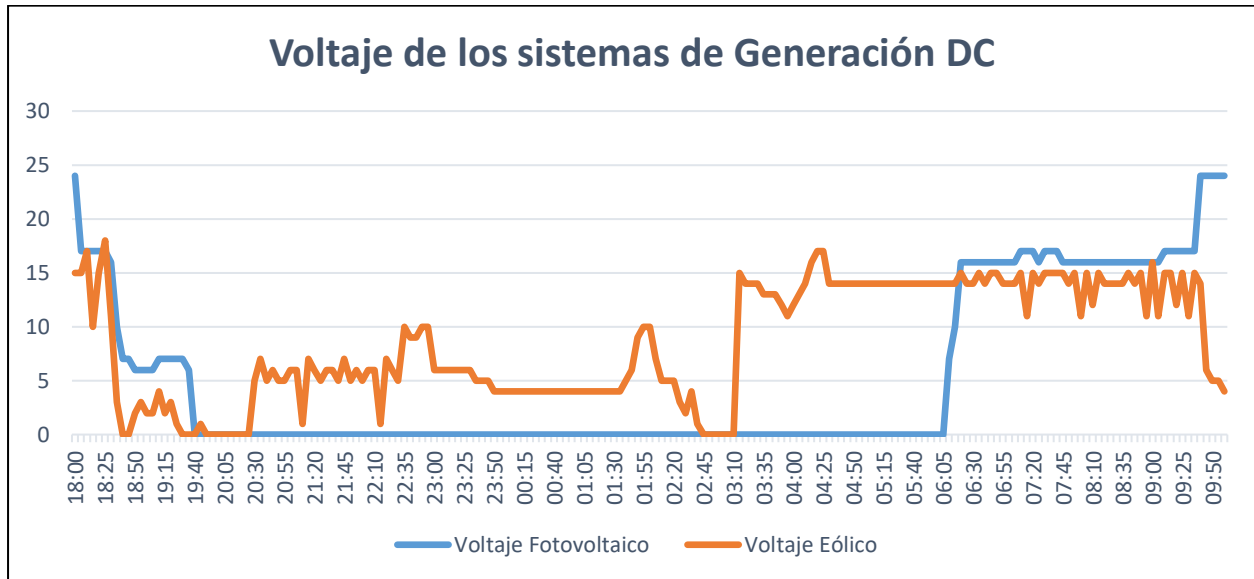


Fig. 56: Datos de voltaje en la noche.
Fuente: El Autor.

Los datos eólicos muestran que durante la noche llega a tener un pico alto de 17 V, el cual varía según las condiciones de viento, durante la noche el sistema eólico se encarga de suplir la escasez de generación del sistema fotovoltaico, logrando que el sistema de generación híbrida no deje de funcionar y siempre se mantenga activo.

3.8.2. Corriente

- Datos obtenidos en las mañanas entre las 9:00 y 12:00 de la mañana.

En la Figura 57, se muestra las mediciones de corriente con diferentes valores, debido al transcurso del día, la mayor carga registrada fue a las 12:20 horas de la mañana, con un valor medio de corriente de 20,60 A.

El sistema eólico muestra una gran variación de sus datos, esto debido a las condiciones del viento, la mayor carga registrada fue a las 9:40 horas de la mañana, mostrando un valor medio de corriente de 7,89 A.

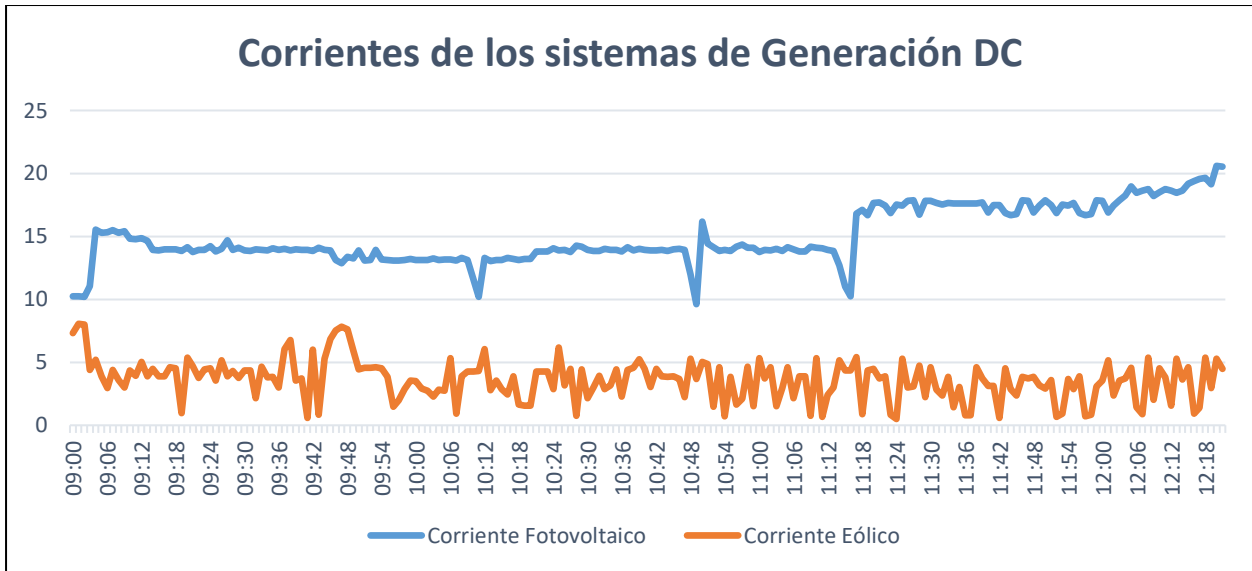


Fig. 57: Datos de corriente en la mañana.
Fuente: El Autor.

- Datos obtenidos en las tardes entre las 15:00 y 18:00 horas.

En la Figura 58, se muestra las mediciones de corriente, se observa que los valores van decreciendo conforme avanza la tarde, teniendo como valor mínimo 8,90 A, este valor seguirá decreciendo hasta ser cero. El sistema eólico muestra una gran variación de sus datos, esto debido a las condiciones del viento, en la tarde la mayor carga registrada fue a las 17:43 horas, mostrando un valor medio de 8,85 A amperios.

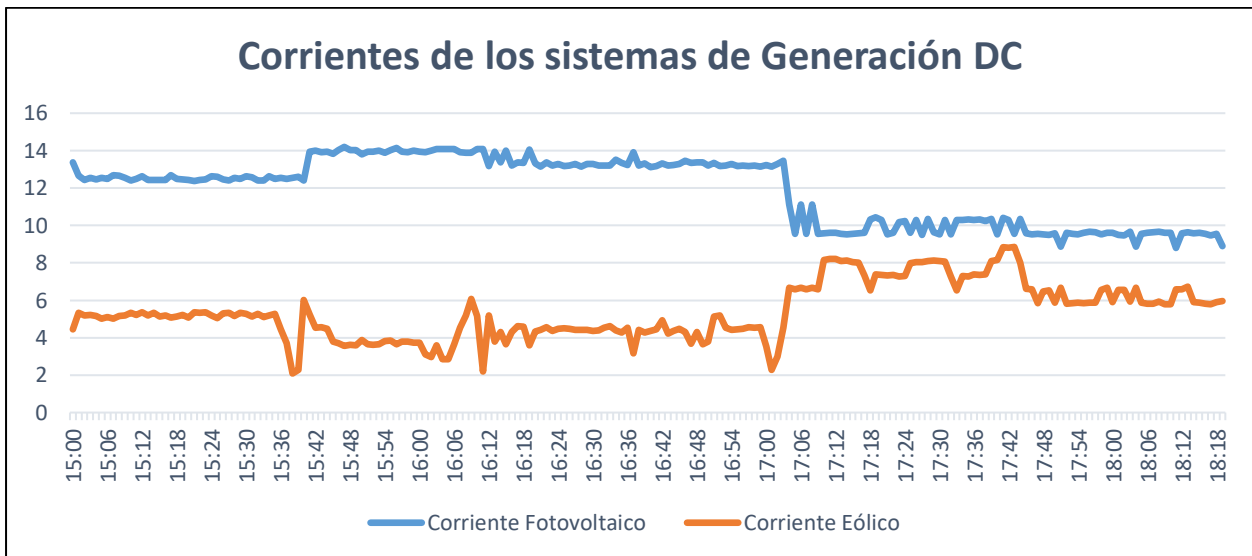


Fig. 58: Datos de corriente en la tarde.
Fuente: El Autor.

- Datos obtenidos durante las 17:00 horas hasta las 10:00 horas de la mañana.

En la Figura 59, se muestra las mediciones de corriente, se observa que el sistema fotovoltaico durante la noche no tiende a generar, es decir sus valores de corriente se encuentran en cero, a las 6:10 de la mañana se registró como mínimo un valor de 1,43 A amperios. El sistema eólico durante la noche se encarga de suplir al sistema fotovoltaico, siendo esto muy importante para que el sistema de generación híbrido siempre se encuentre funcionando, la mayor carga de corriente tiene un valor medio de 8.85 A amperios.

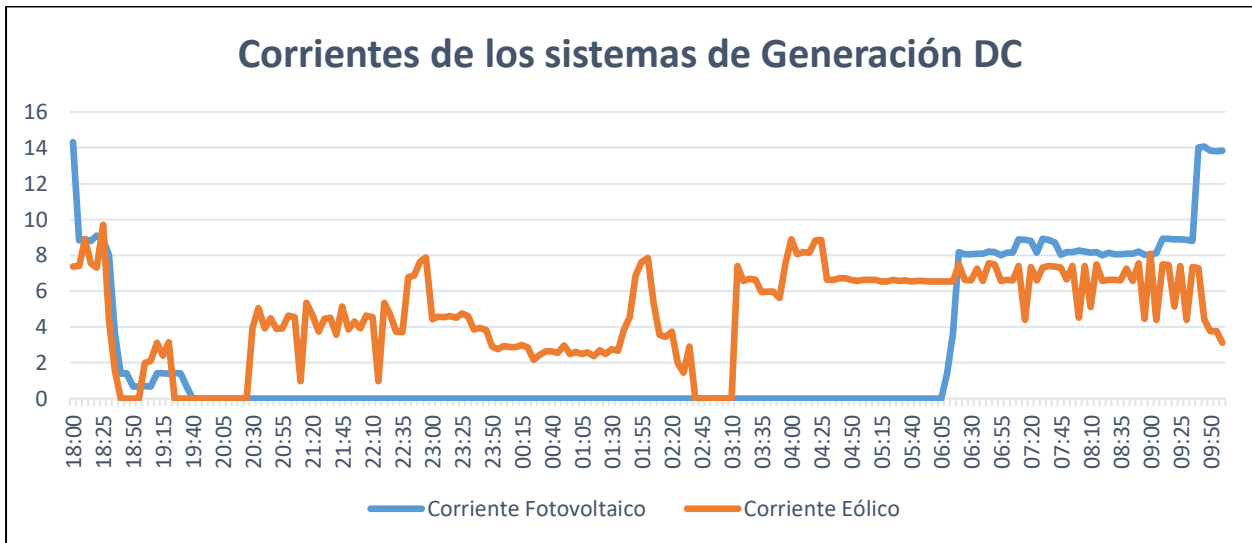


Fig. 59: Datos de corriente en la noche.
Fuente: El Autor.

3.8.3. Potencia

- Datos obtenidos en las mañanas entre las 9:00 y 12:00 de la mañana.

En la Figura 60, se muestra los datos de potencia, los valores fotovoltaicos según la gráfica muestra que durante el transcurso de la mañana tienen ciertos picos debido al transcurso del día, a las 12:20 horas de mañana se muestra un valor medio de 679 W.

La potencia del sistema eólico se muestra variante, esto debido a las condiciones del viento que se dan durante la mañana, mostrando variaciones muy notorias, como pico más alto se tiene un valor medio de 76 W.

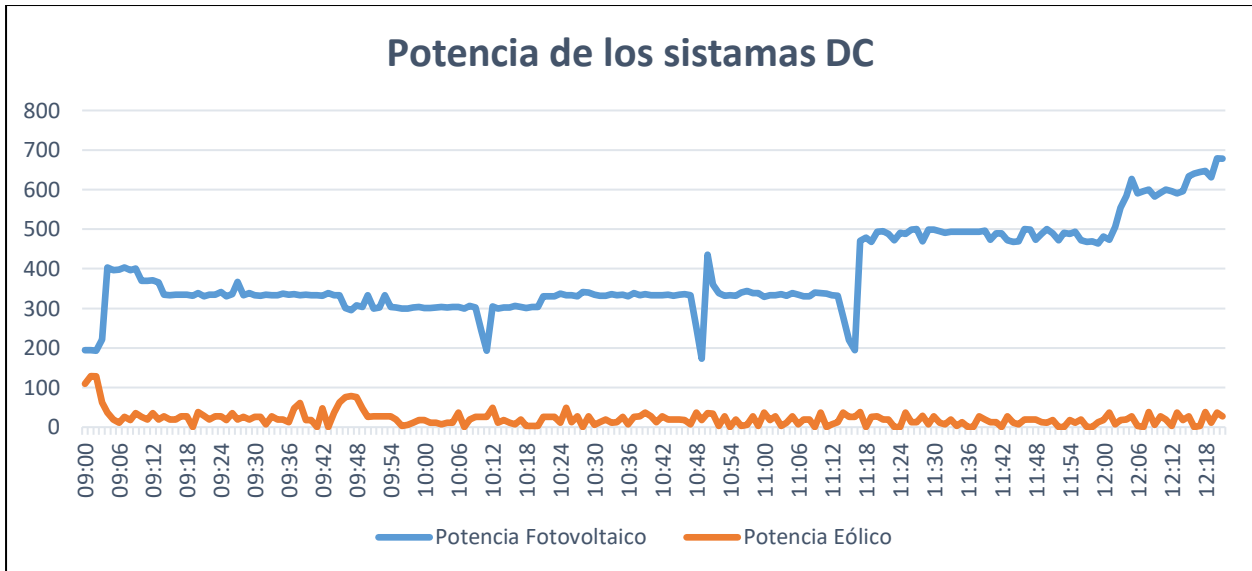


Fig. 60: Datos de potencia en la mañana.
Fuente: El Autor.

- Datos obtenidos en las mañanas entre las 15:00 y 18:00 horas de la tarde.

En la Figura 61, se muestran las mediciones de potencia, los valores fotovoltaicos tienden a tener un comportamiento decreciente, como resultado se muestra una caída de potencia con un valor medio de 151 W, y seguirá disminuyendo hasta que su valor se encuentre en cero.

La potencia del sistema eólico se encarga de suplir al descenso de potencia del sistema fotovoltaico, como pico más alto se tiene un valor medio de 150 W.

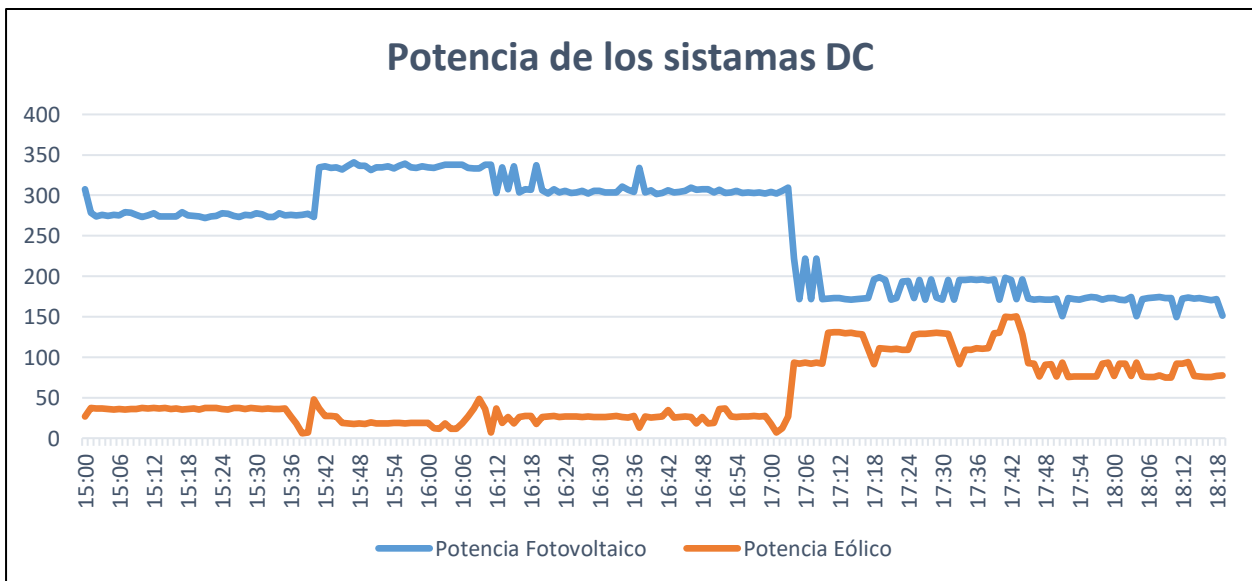


Fig. 61: Datos de potencia en la tarde.
Fuente: El Autor.

- Datos obtenidos durante las 17:00 horas hasta las 10:00 horas de la mañana.

Como se indica en la Figura 62, en los parámetros fotovoltaicos se aprecia un descenso en sus valores de potencia, mientras cae la noche los valores van decreciendo hasta llegar a cero durante toda la noche, se observó que a partir de las 6:10 de la mañana se tiene un valor medio de 10 W, esto mientras amanece y el valor va aumentando durante la mañana. El sistema eólico es muy importante durante la noche, ya que permite que el sistema híbrido siga generando, los datos eólicos muestran que durante la noche se llega a tener un valor medio de 150 W, estos valores pueden cambiar según sea las condiciones del viento.

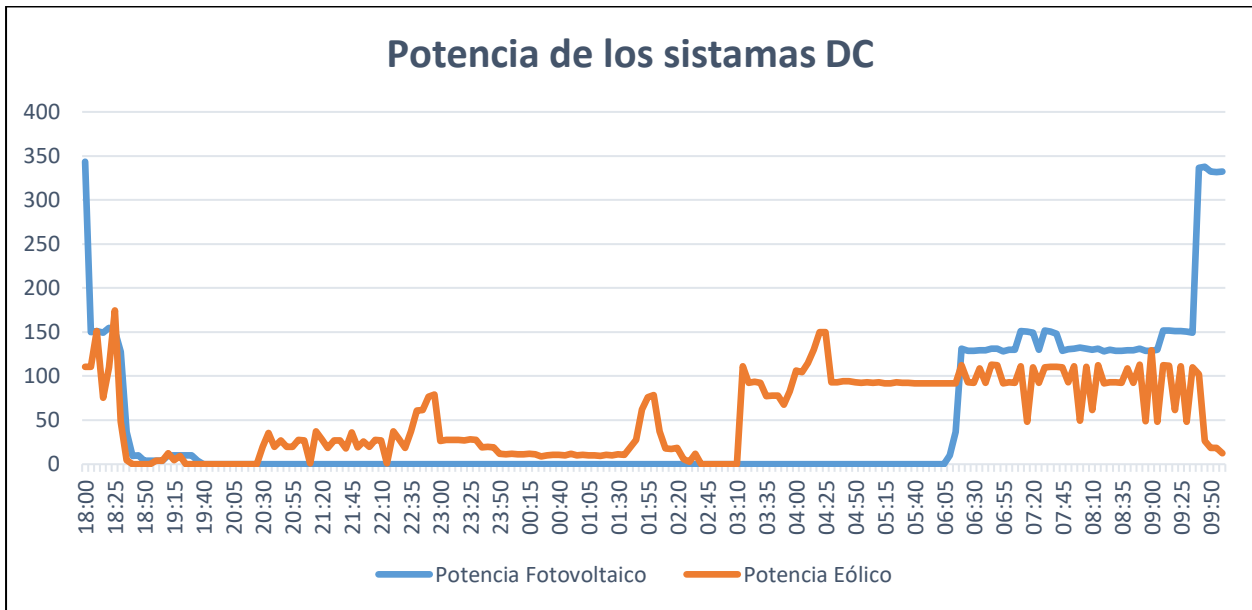


Fig. 62: Datos de potencia en la noche.

Fuente: El Autor.

Conclusiones

Existen varios tipos de tecnologías que permite el monitoreo y control, entre los cuales los PLC son los más recomendables, debido a que es un dispositivo programable que puede controlar todo tipo de equipos y maquinaria de manera simultánea. El sistema de generación híbrida es un equipo de laboratorio, por lo que no es muy conveniente la utilización de un PLC, por ello se optó por el uso de un microcontrolador Arduino, el cual es muy útil para la implementación de la herramienta de monitoreo y control, además de contar con varios tipos de módulos y sensores que son de fácil adquisición e implican un bajo costo en el mercado.

El diseño permitió la correcta elección de los sensores y de cada uno se sus respectivos componentes, en donde cada uno de los elementos fue sometido a pruebas de funcionamiento, permitiendo tener una lectura en tiempo real de diversos datos como voltaje, corriente y potencia, tanto en AC como DC, transformándose de esta manera en una herramienta práctica para la adquisición, monitoreo y control de un sistema híbrido eólico fotovoltaico.

Mediante los datos adquiridos fue posible observar el comportamiento del sistema de generación durante la mañana, la tarde y la noche, teniendo como resultado que el pico máximo de generación por parte del sistema fotovoltaico sucede durante el medio día generando así un voltaje de 33 V, corriente de 20.55 A y una potencia de 678W, por otro lado, el sistema eólico tiene como valor medio un voltaje de 17 V, corriente de 8.85 A y una potencia de 150 W. Durante la noche el recurso fotovoltaico es escaso, por lo que la generación depende únicamente del sistema eólico, he ahí la importancia de los sistemas híbridos, mientras uno falle o deje de funcionar, el otro sistema se encarga de suplir el déficit, para que el sistema de generación siempre se encuentre en operación.

Recomendaciones

Se necesita implementar un módulo para conexión Wifi, con el fin de hacer que la herramienta pueda ser controlada por medio del ordenador o inclusive desde una aplicación móvil.

Es importante desarrollar una aplicación de monitoreo y control basada en IoT a través de cualquier plataforma web para que los datos sean almacenados en la nube, con esto se podrá tener un control y análisis de los datos desde un ordenador con la facilidad de poder conectarse desde cualquier lugar.

Debido a que la herramienta de monitoreo y control cuenta con una base de datos se propone el análisis del comportamiento de las señales de voltaje, corriente y potencia de un sistema híbrido eólico fotovoltaico.

Bibliografía

- Arduino. (2017). *Software | Aprendiendo Arduino*.
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/rele/>
- Arduino. (2020). *¿Qué es Arduino? | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea*.
<https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Badii, M., Guillen, A., & Lugo Serrato, O. (2015). History and Use of Renewable Energies. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 1–18.
[http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10\(1\)1-18.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10(1)1-18.pdf)
- Baeza, J. P., & Pomares, J. (2017). *Manual de arduino revision*.
- Bolaños, D. (2019). Tipos de Arduinos. *Movil-Arduino*, 3.
<http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/tiposarduino.pdf>
- Caguao, G., & Hernandez, C. (2018). *Propuesta de diseño de un sistema de lavado de plastico reciclado para la Planta de Plasticos R.F.C., C.A.* [D - Universidad de Carabobo].
<https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/124267>
- Cano, J. (2017). *Manual de Usuario eSICET Manual de Usuario eSICET*. 1–5.
<http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/gsmmanualsmsconfiguratorl.pdf>
- Castro Lozano, C., & Romero Morales, C. (2017). *Introducción a SCADA Índice*.
CELEC_EP. (2020). *Ficha Técnica*.
<https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/cev/central-eolica-villonaco-en-cifras-2>
- Cervantes, J. D. J. (2016). *Sistemas de distribución Un sistema de distribución eléctrico o planta de distribución como comúnmente es llamado, es toda la parte del sistema eléctrico de potencia comprendida entre la planta eléctrica y los apagadores del consumidor*. 4–101.
- Chavez, I. J. (2019). *Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Eléctrica y de Potencia*.
- DeGunther, R. (2020). *Energía solar: ventajas y desventajas*. Diferenciador.
<https://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- Espada, P. J. A. (2016). *Diseño Placa De Comunicación Por Buses Industriales Para Arduino®*.
- Garcia, D. C., & Garcia, M. E. (2018). *Raspberry Pi y Arduino: semilleros en innovación tecnológica para la agricultura de precisión*. 2(1), 74–82.
- Golato, M. (2016). *2 EL microcontrolador 2.1 ¿Qué es un microcontrolador?* 3–7.
- Gonzalez Velasco, J. (2015). *Energías renovables*. Editorial Reverte.
<https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/46748>

- Guillen, A., & Abreu, J. L. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 11(1), 141–155. <http://bd.univalle.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=116281297&lang=es&site=eds-live>
- Innovacion y Cualificacion, S. L. (2017). *Montaje electrico y electronico en instalaciones solares fotovoltaicas. ENAE0108 (2a. ed.)*. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/45074>
- Inzunza, E. (2016). *Universidad Autónoma De Baja California 11686 Microcontroladores*. [http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/electronica/microcontroladores\[11686\].pdf](http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/electronica/microcontroladores[11686].pdf)
- Isabel. (2016). *Red en Lazo o Malla*. <https://redinformaticaweb.wordpress.com/2016/11/03/red-en-lazo-o-malla/>
- Johnny Novillo. (2018). *Arduino y el internet de las cosas*.
- Junco Romero, G., & Rabelo Padua, S. (2018). Los recursos de red y su monitoreo. *Rev. Cuba. Inform. Méd*, 10(1), 76–83.
- Lopera, D. (2017). *Sistema Eólico conectado a la Red*.
- Marulanda Rendon, J. E. (2020). *Sistemas alternativos de energia*. El Cid Editor. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/127176>
- McAllister, W. (2016). *Divisor de voltaje (artículo) | Khan Academy*. <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-resistor-circuits/a/ee-voltage-divider>
- Mujal Rosas, R. (2016). *Tecnología Eléctrica*.
- Naylamp Mechatronics. (2016). *Tutorial sensor de corriente ACS712*. Naylamp Mechatronics. https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html
- Nextion. (2020). *Inicio - Nextion*. <https://nextion.tech/>
- Ortiz, F., & Cáceres, P. (2015). Generación de Energía Eólica por la Empresa Blue Power & Energy. *Revista Senderos Universitarios*. Número, 3(2), 36–44. <https://www.revistasnicaragua.net.ni/index.php/senderosu/article/view/2772>
- Ortiz Rosas, A. (2018). Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 1, Issue 9). <file:///C:/Users/User/Downloads/fvm939e.pdf>
- Pérez Molina, C., & Gomez, M. J. (2018). Performance-centered adaptive curriculum for employment needs. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 1–21. <https://doi.org/10.18260/1-2--22347>

PV-Magazine. (2019). *Completado proyecto solar de 3,6 MW en Ecuador – pv magazine Latin America*. <https://www.pv-magazine-latam.com/2014/08/28/completado-proyecto-solar-de-3-6-mw-en-ecuador/>

Rabadan Barastegui, J. jose. (2017). *Diseño y desarrollo de una red MODBUS RTU basada en Arduino*. 66. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91400/fichero/Memoria+TFG+JJRB.pdf>

Real, G. E. (2018). *Sistema de adquisición de datos y control industrial basado en Arduino Due con hardware y software libre*.

Rodriguez. (2020). *Energía Eólica - Ventajas, Características y Usos [2020]*. https://tiposdeenergia.online/eolica/#ventajas_y_desventajas_de_la_energia_del_viento

Romero, C. (2018). *Control de procesos “SCADA.”* 13.

Rosado, A. (2018). *Diseño de Interfaces Hombre-Máquina (HMI) Objetivos de la sesión*. http://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo6_HMI.pdf

Semantic Systems. (2018). *¿En que consiste la monitorización de sistemas? « semantic Systems*. <https://www.semantic-systems.com/semantic-noticias/articulos-tecnologicos/en-que-consiste-la-monitorizacion-de-sistemas/>

SIEMENS. (2020). *SIMATIC HMI Basic Panels | Machine level HMI | Siemens Global*. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>

Solectro. (2017). *Curso de Raspberry Pi desde cero*. 1–58.

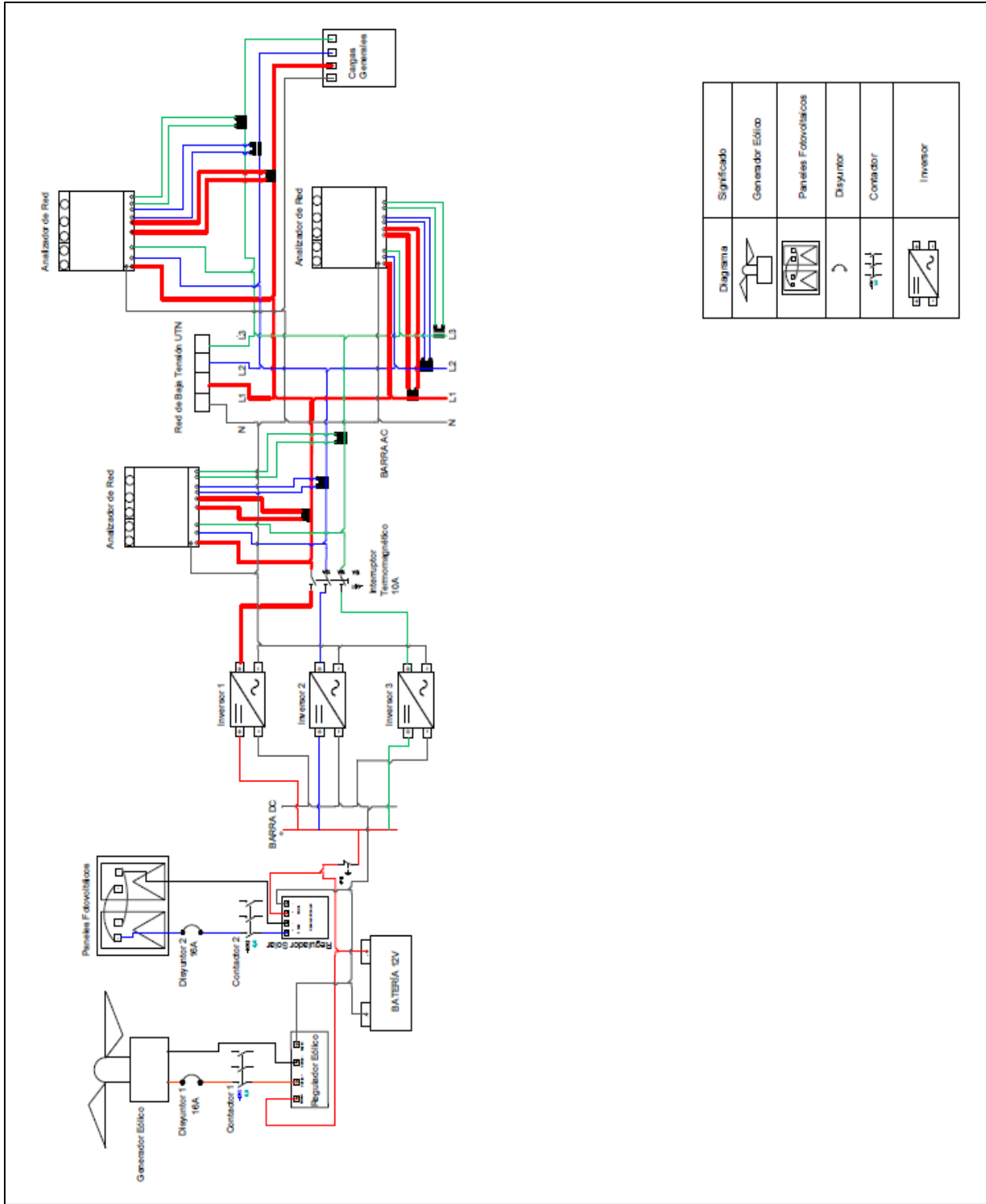
Suarez, V. (2018). *Introducción SCADAS y HMI*.

Tobajas Vazquez, C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/45047>

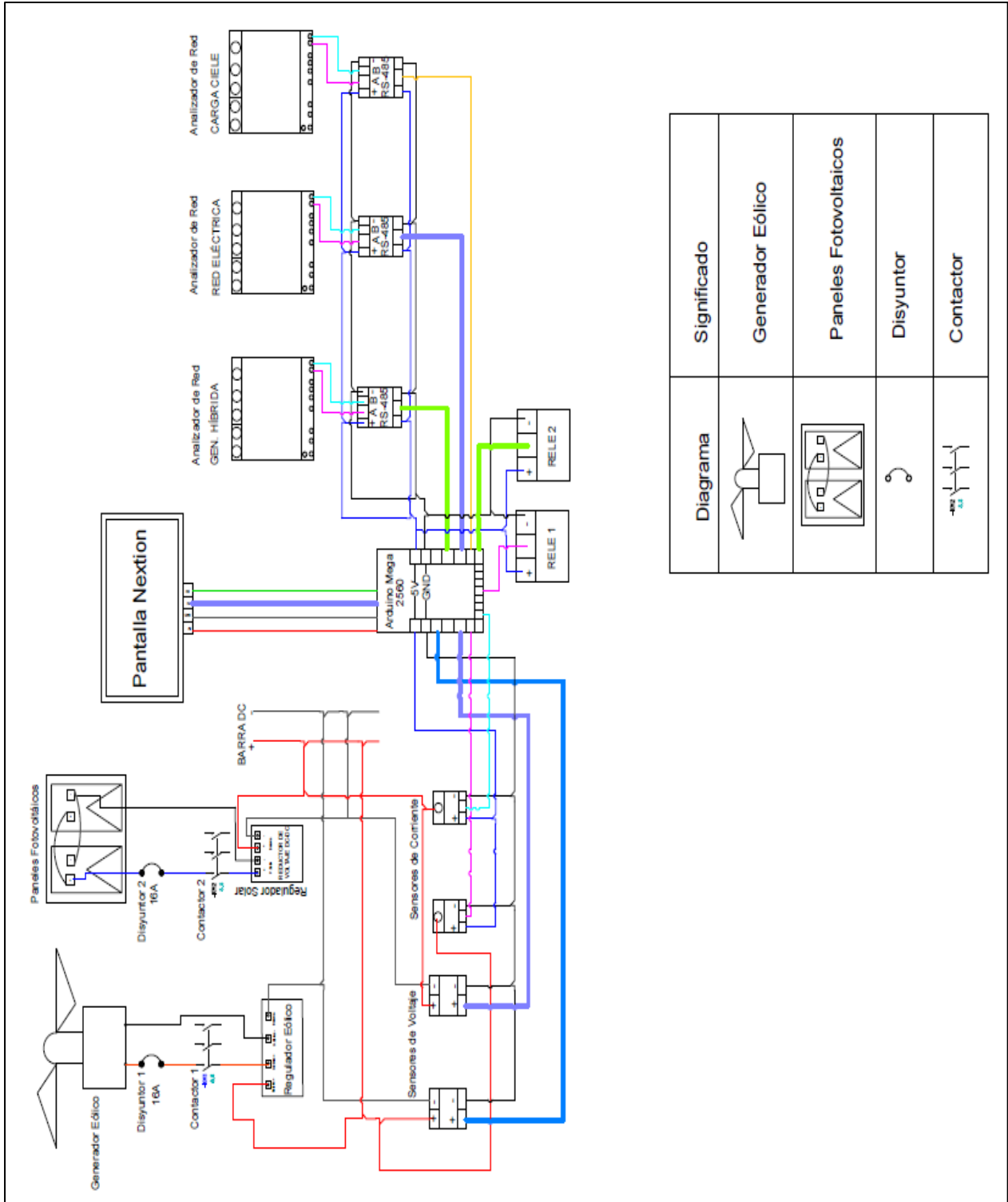
Universidad Nacional de la Plata. (2020). *Controlador lógico programable - PLC - Conocer tipos de controladores programables . Tipos de programaciones .*


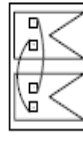

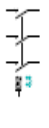
ANEXOS

Anexo A: Diagrama unifilar del sistema de generación híbrida

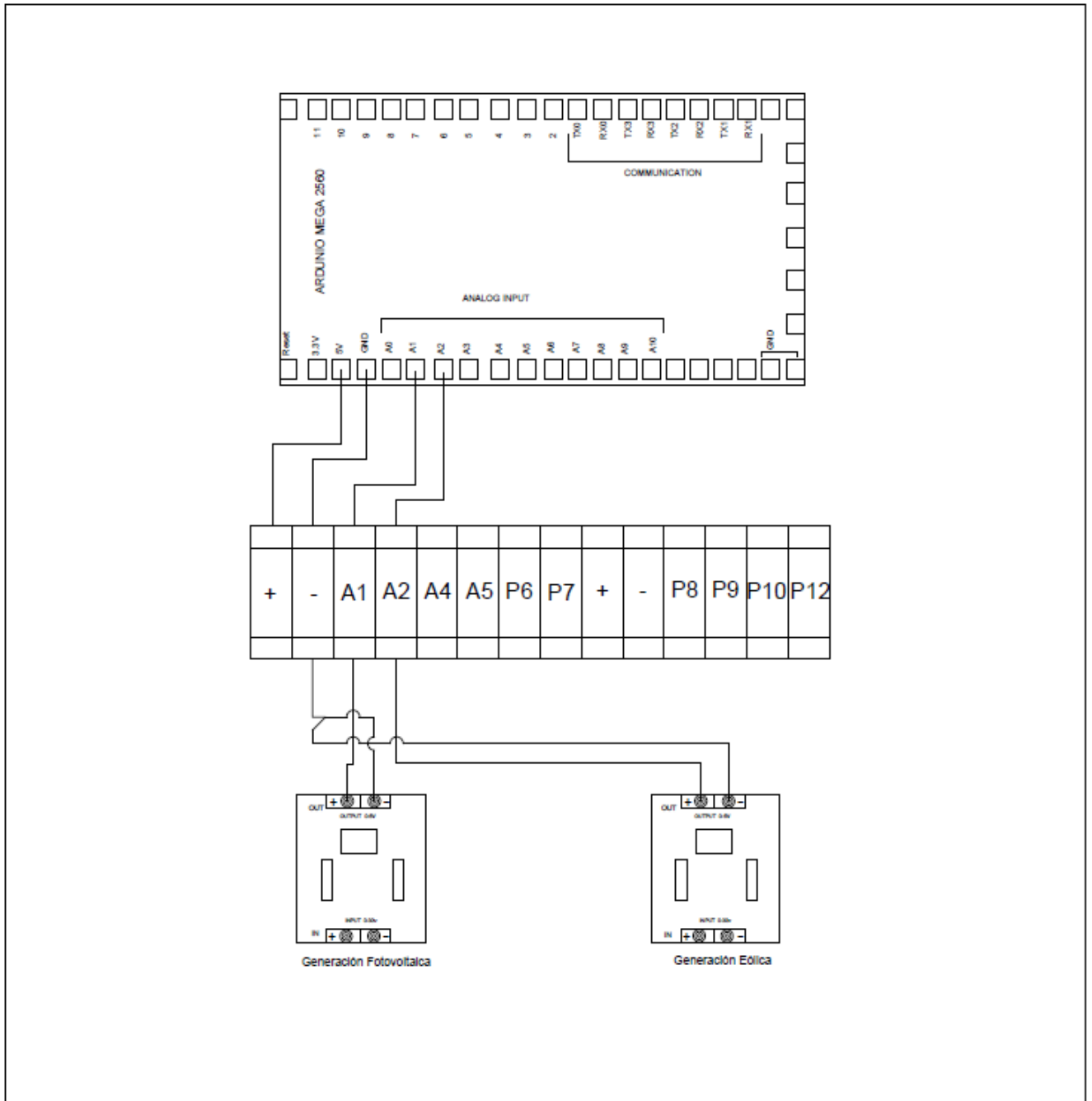



Anexo B: Diagrama unifilar de los componentes de la herramienta de monitoreo y control



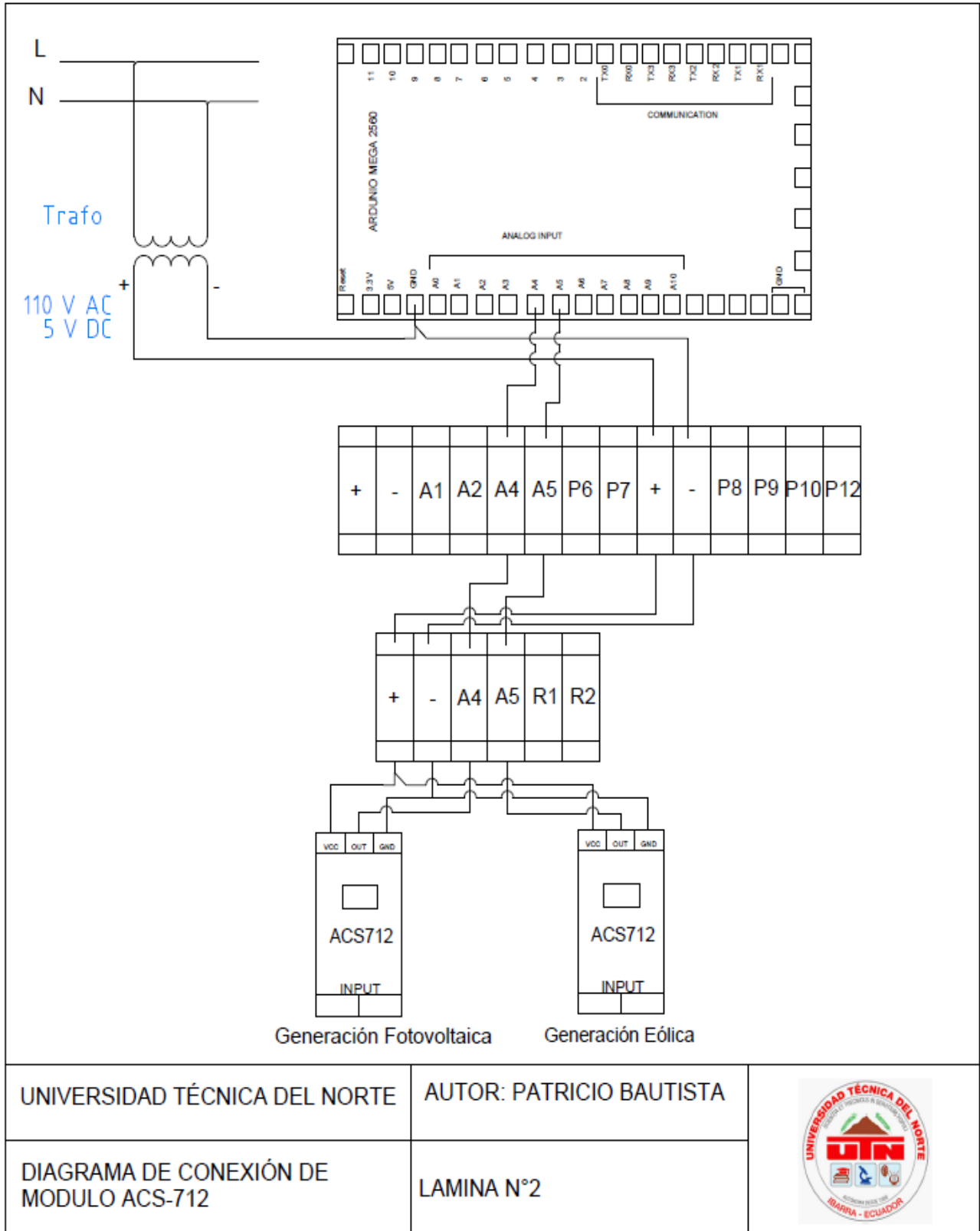
| Diagrama | Significado |
|---|-----------------------|
|  | Generador Eólico |
|  | Paneles Fotovoltaicos |
|  | Disyuntor |
|  | Contacto |

Anexo C: Diagrama de conexión sensores de voltaje



| | | |
|---|--------------------------|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | AUTOR: PATRICIO BAUTISTA |  |
| DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE SENSORES DE VOLTAJE | LAMINA N°1 | |

Anexo D: Diagrama de conexión sensores de corriente ACS-712



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

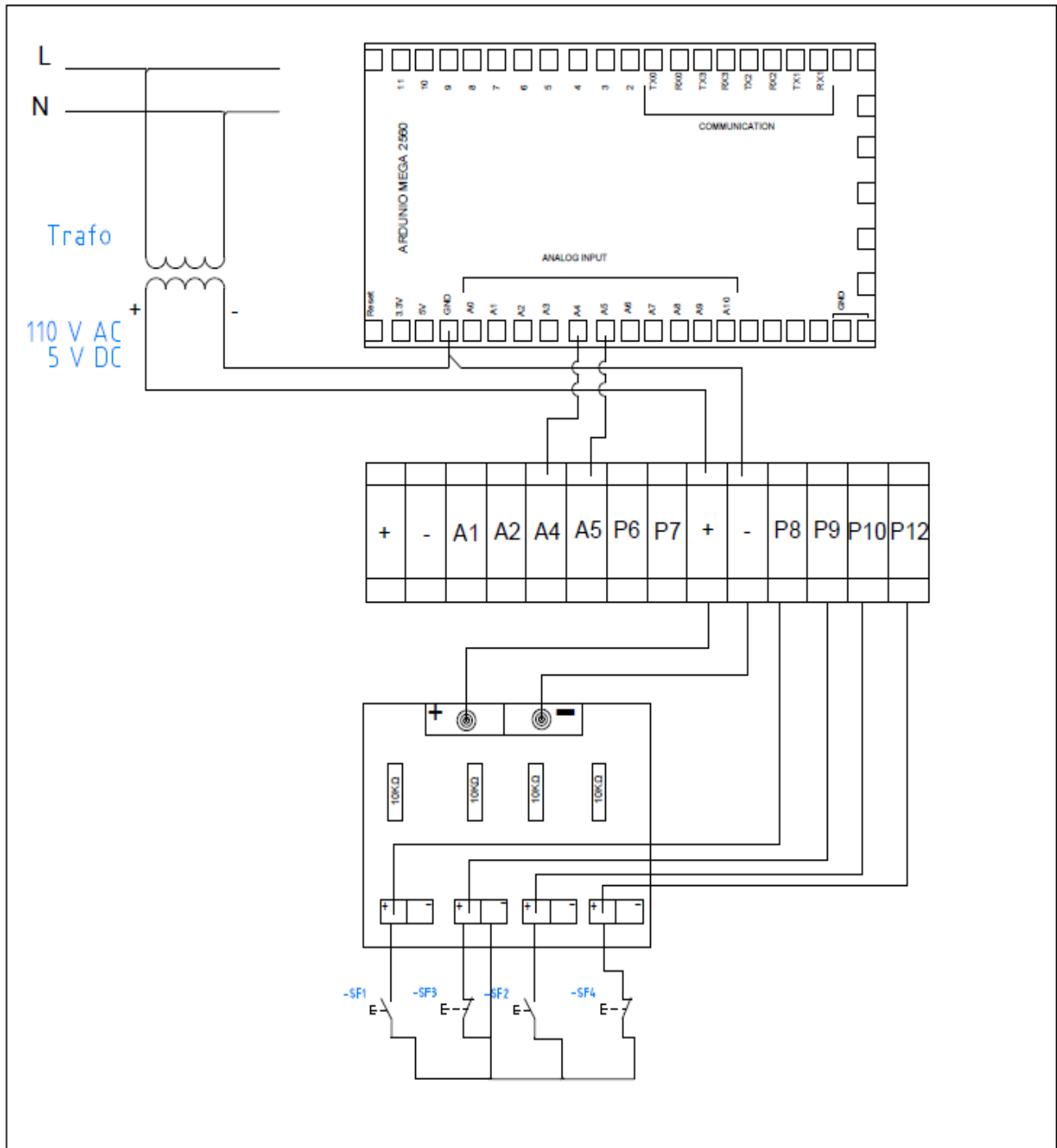
AUTOR: PATRICIO BAUTISTA


DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE
MODULO ACS-712

LAMINA N°2

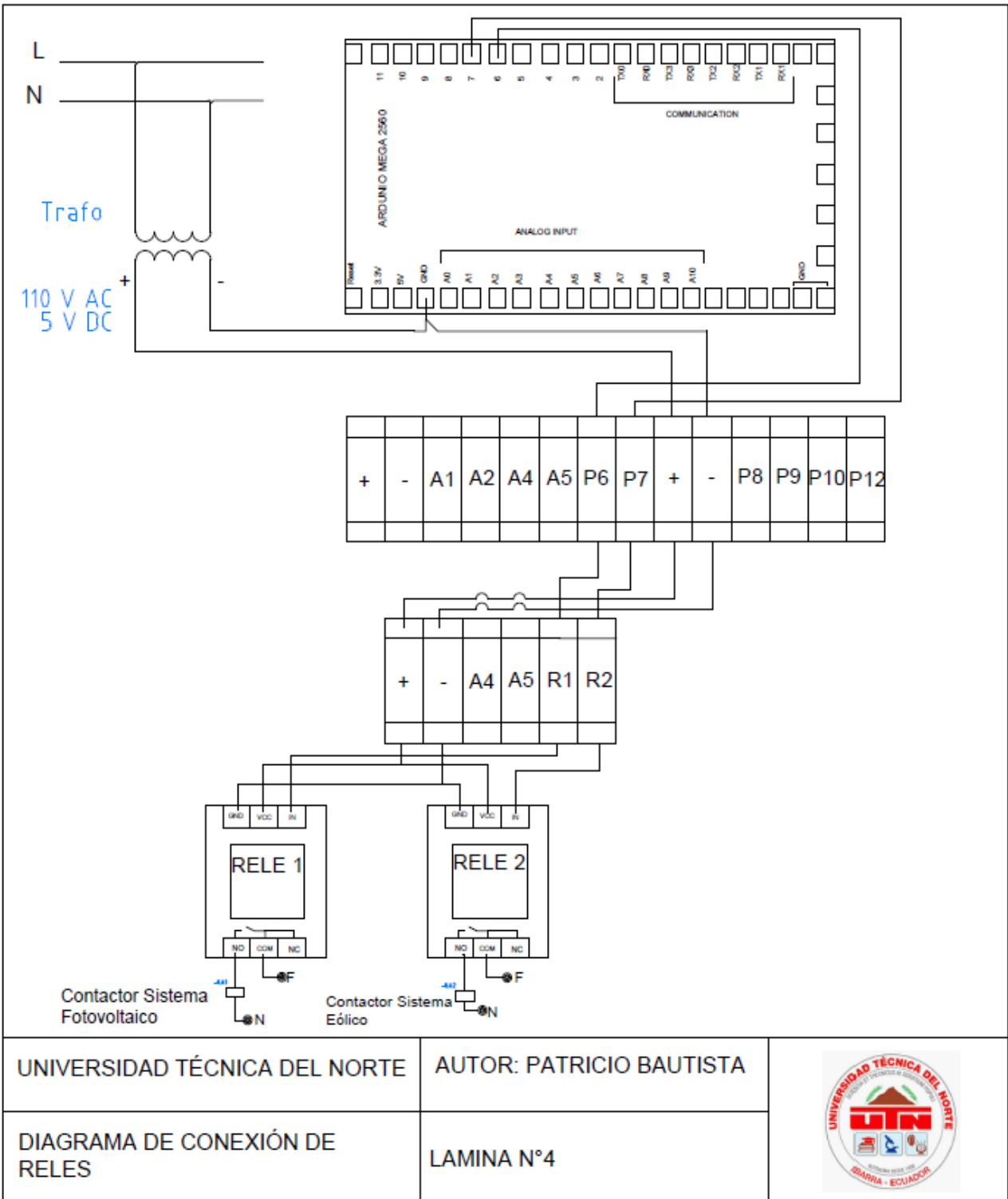


Anexo E: Diagrama de conexión placas pulsadores

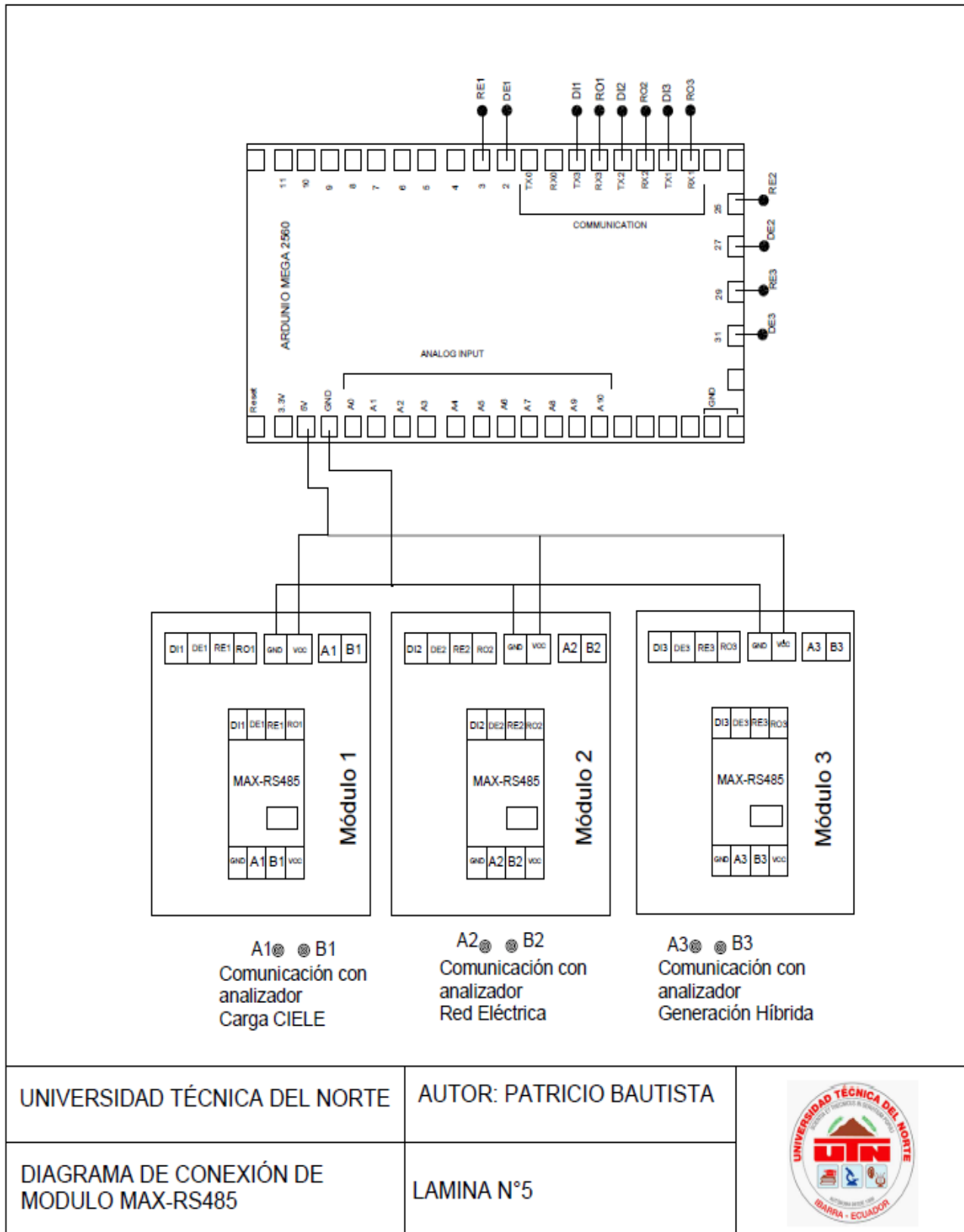


| | | |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | AUTOR: PATRICIO BAUTISTA |  |
| DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE PULSADORES | LAMINA N°3 | |

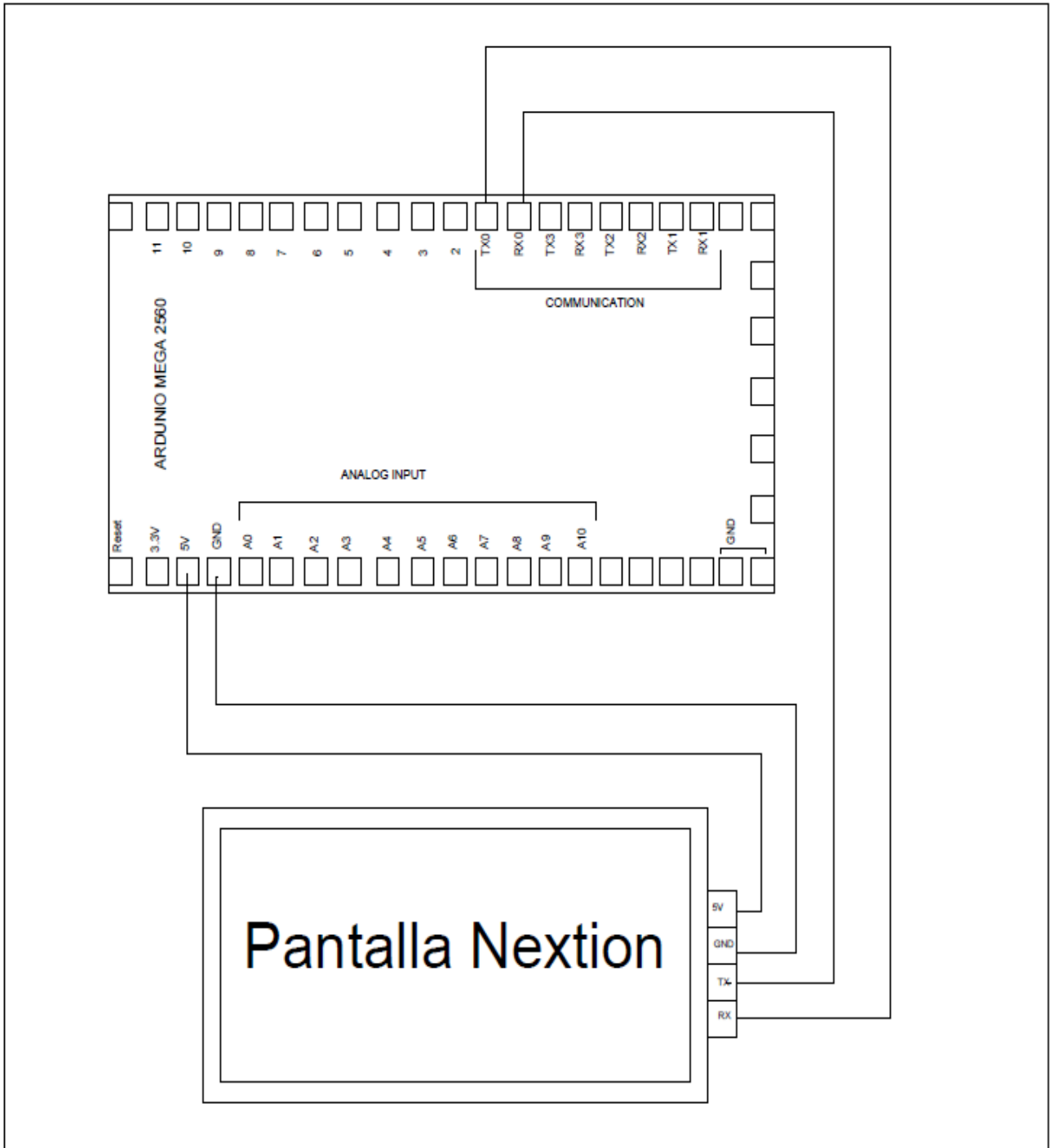
Anexo F: Diagrama de conexión de módulos relés



Anexo G: Diagrama de conexión módulo Max RS-485

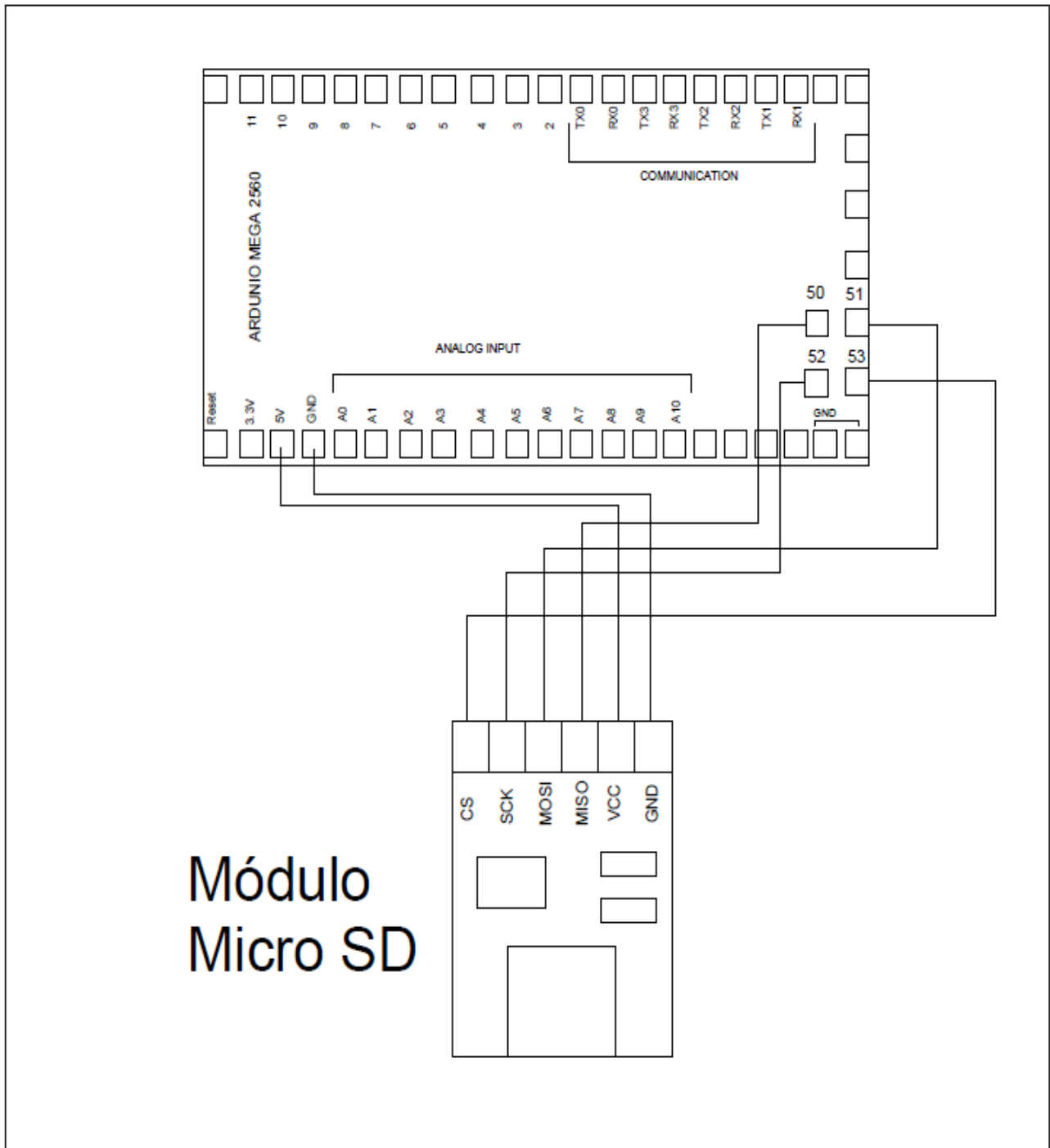


Anexo H: Diagrama de conexión pantalla Nextion



| | | |
|--|--------------------------|--|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | AUTOR: PATRICIO BAUTISTA | |
| DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE PANTALLA NEXTION | LAMINA N°6 | |

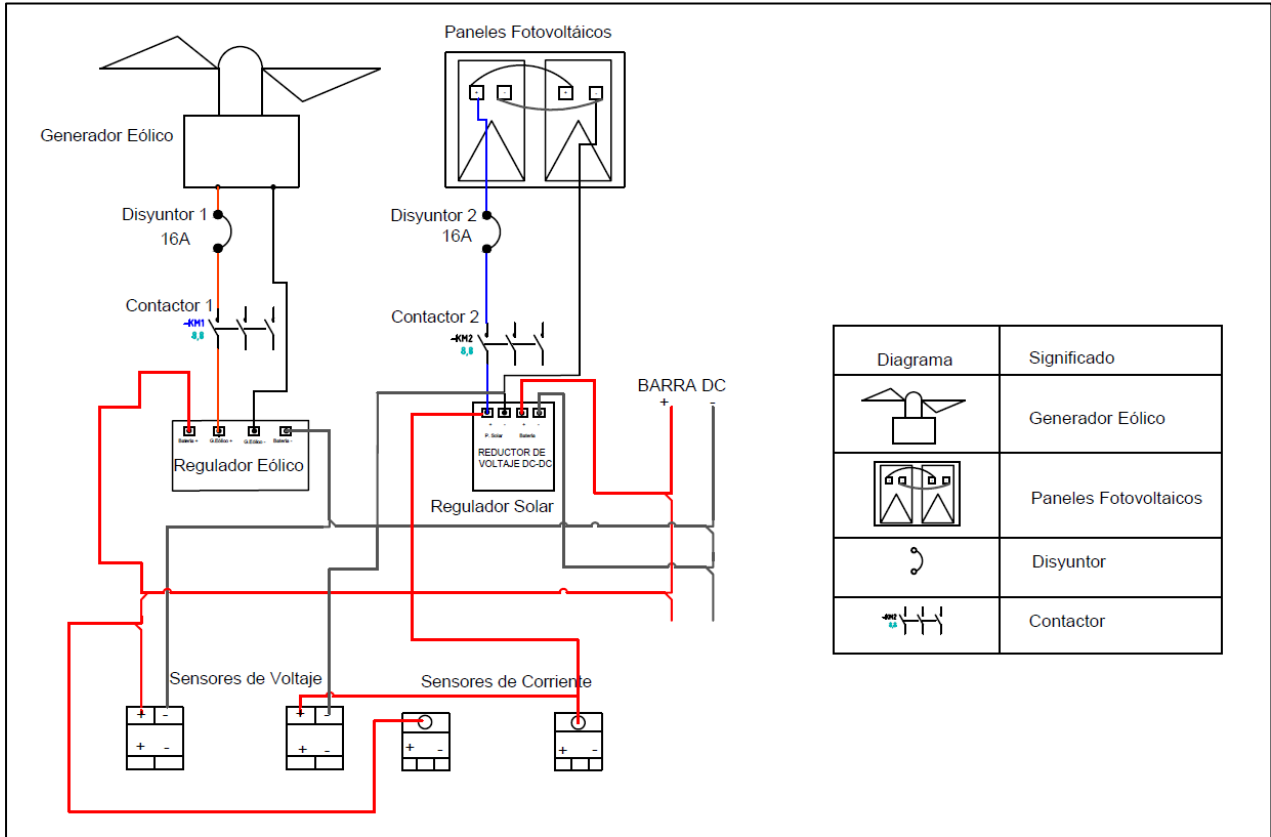
Anexo I: Diagrama de conexión módulo microSD



Módulo
Micro SD

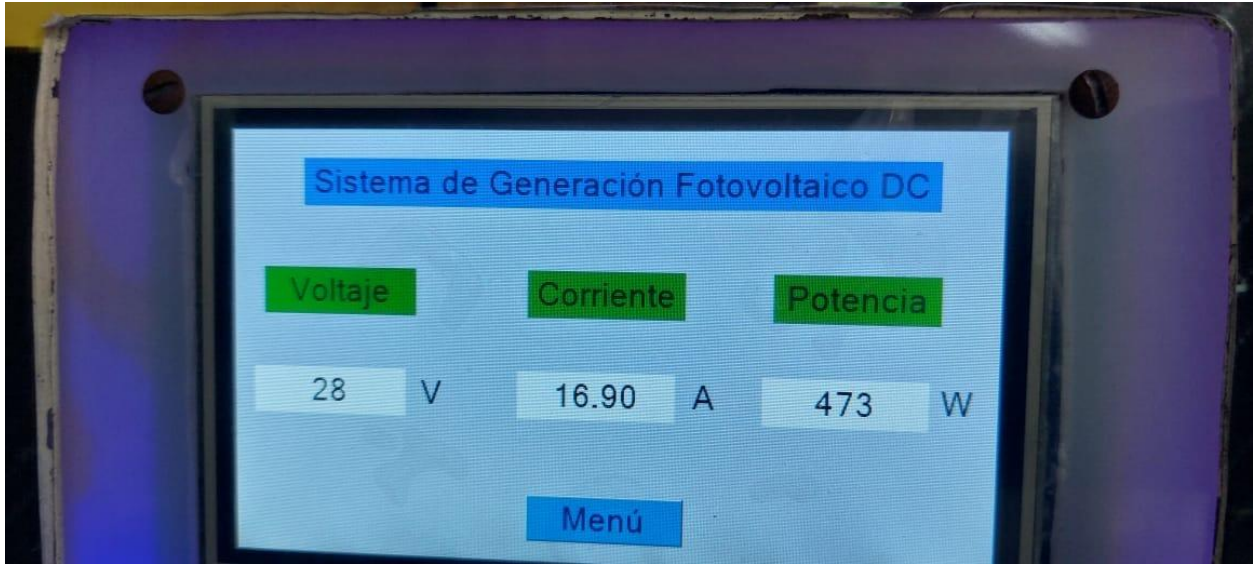
| | | |
|--|--------------------------|--|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | AUTOR: PATRICIO BAUTISTA | |
| DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MODULO MICRO SD | LAMINA N°7 | |

Anexo J: Diagrama unifilar de las conexiones de los sensores

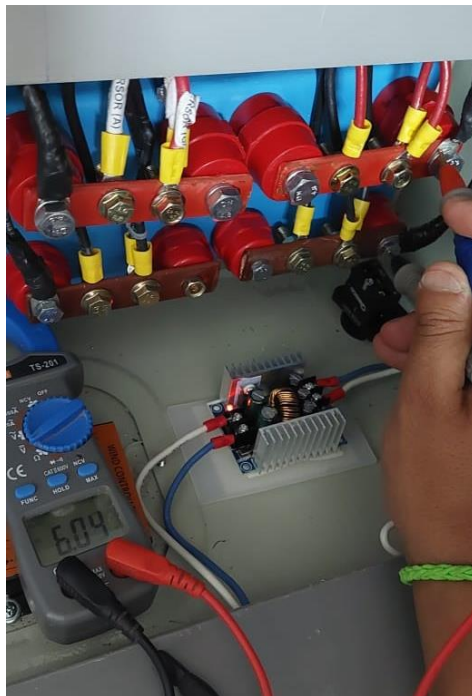


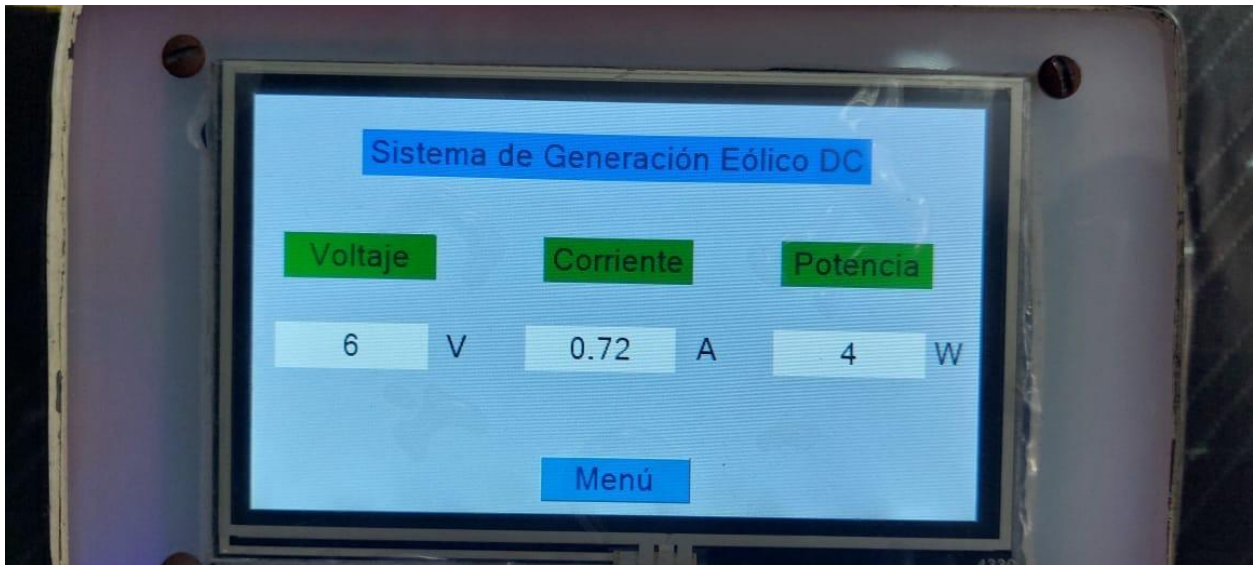
Anexo K: Pruebas de medición sistema fotovoltaico





Anexo L: Pruebas de mediciones sistema eólico





Anexo M: Pruebas de funcionamiento de comunicación módulos RS-485

```
1 #include <ModbusMaster.h>
2 #define MAX485_DE 3
3 #define MAX485_RE_NEG 2
4 int i;
5 // instantiate ModbusMaster object
6 ModbusMaster node;
7 float voltajeab, voltajeb, voltajeac;
8 int DPT;
9 void preTransmission()
10 {
11   digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 1);
12   digitalWrite(MAX485_DE, 1);
13 }
14
15 void postTransmission()
16 {
17   digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 0);
18   digitalWrite(MAX485_DE, 0);
19 }
20
21 void setup()
22 {
23   pinMode(MAX485_RE_NEG, OUTPUT);
24   pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);

```

COM6

```
voltaje b: 131.00
DPT: 771
Voltaje ab: 128.80
Voltaje b: 130.90
DPT: 771
Voltaje ab: 129.00
Voltaje b: 131.10
DPT: 771
Voltaje ab: 128.90
Voltaje b: 131.00
DPT: 771
Voltaje ab: 129.00
Voltaje b: 131.20
DPT: 771
```

El Sketch usa 7032 bytes (2%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 253952 bytes.
Las variables Globales usan 679 bytes (8%) de la memoria dinámica, dejando 7513 bytes para las variables locales. El máximo es 8192 bytes.

Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) en COM6

09:44 3/3/2022

Anexo N: Código de programación del dispositivo

```
1 /* UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
2  * FACULTAS DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
3  * CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
4  * TRABAJO DE GRADO
5  * EDWIN PATRICIO BAUTISTA FLORES*/
6
7 #include "Nextion.h"
8 #include <SoftwareSerial.h>
9 #include <Wire.h>
10 #include <ModbusMaster.h>
11
12 // Libreria para la SD
13 #include <SPI.h>
14 #include <SD.h>
15 #define SSpin 53
16 File myFile;
17
18 // Iniciamos pines para conexion de los modulos RS485
19 #define MAX485_DE      3
20 #define MAX485_RE_NEG  2
21 #define MAX485_DE2    25
22 #define MAX485_RE_NEG2 27
23 // Comunicacion RS485
24 ModbusMaster node;
25 ModbusMaster node2;
26 // variables para la conexion del modulo rs485
27 float volCca, volCcb, volCcc, ICca, ICcb, ICcc, PCca, PCcb, PCcc ;
28 float volREa, volREb, volREc, IREa, IREb, IREc, PREa, PREb, PREc ;
29 int DPT;
30 int DCT;
31 int DPQ;
32 int DPT_2;
33 int DCT_2;
34 int DPQ_2;
```

```

35
36 void preTransmission()
37 {
38     digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 1);
39     digitalWrite(MAX485_DE, 1);
40     digitalWrite(MAX485_RE_NEG2, 1);
41     digitalWrite(MAX485_DE2, 1);
42 }
43
44 void postTransmission()
45 {
46     digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 0);
47     digitalWrite(MAX485_DE, 0);
48     digitalWrite(MAX485_RE_NEG2, 0);
49     digitalWrite(MAX485_DE2, 0);
50 }
51 // sensibilidad de sensores de corriente
52 float Sensibilidad= 0.66;
53 // Pulsador y rele Sistema fotovoltaico
54 const int pulsadoron = 8;
55 const int pulsadoroff = 9;
56 const int rele = 6;
57
58 // Pulsador y rele Sistema eólico
59 const int pulsadoron_2 = 10;
60 const int pulsadoroff_2 = 12;
61 const int rele_2 = 7;
62
63 //variables estado pulsadores
64 int valoron = 0;
65 int contador = 0; // 0 LED apagado, mientras que 1 encendido
66 int old_valoron = 0; // almacena el antiguo valor de valoron
67 int valoroff = 0;
68 int old_valoroff = 0; // almacena el antiguo valor de valoroff

```

```

69
70 int valoron_2 = 0;
71 int contador_2 = 0; // 0 LED apagado, mientras que 1 encendido
72 int old_valoron_2 = 0; // almacena el antiguo valor de valoron
73 int valoroff_2 = 0;
74 int old_valoroff_2 = 0; // almacena el antiguo valor de valoroff
75
76 // PRIMER SENSOR VOLTAJE
77 int analogInput_1 = A1; //Definimos el pin analógico A1 para la lectura del voltaje del sensor 1 fotovoltaico
78 float vout_1 = 0.0; //Definimos la variable Vout
79 int vin_1 = 0; //Definimos la variable Vin
80 int value_1 = 0; //Definimos la variable value
81
82 //SEGUNDO SENSOR VOLTAJE
83 int analogInput_2 = A2; // Definimos pin analogico para lectura de voltaje del sensor 2 Eolico
84 float vout_2 = 0.0; //Definimos la variable Vout
85 int vin_2 = 0; //Definimos la variable Vin
86 int value_2 = 0; //Definimos la variable value
87
88 //SENSOR DE CORRIENTE FOTOVOLTAICO
89 float corrienteSensor_1=0.0;
90 float corriente_1;
91 float Idc_1=0;
92
93 //SENSOR DE CORRIENTE EOLICO
94 float corrienteSensor_2=0.0;
95 float corriente_2;
96 float Idc_2=0;
97
98 // Calculo de la potencia
99 int potencia_1 ;
100 int potencia_2 ;

```



```

101
102 String Dato ="";
103
104 boolean fotovoltaico=false;
105 boolean eolico=false;
106 boolean general=true;
107 boolean ciele=false;
108 boolean red=false;
109 boolean generacion=false;
110 boolean Data=false;
111
112 // envio de datos para muestra en pantalla
113 void envio(){
114   Serial.write(0xff);
115   Serial.write(0xff);
116   Serial.write(0xff);
117 }
118
119 void setup() {
120   // Inicializacion de pantalla
121   nexInit();
122   Serial.begin(9600);
123
124   // Lectura de Datos MicroSD
125   Serial.print("Iniciando SD ...");
126   if (!SD.begin(SSpin)) {
127     Serial.println("No se pudo inicializar");
128     return;
129   }
130   Serial.println("inicializacion exitosa");
131   if (!SD.exists("datalog.txt")){
132     myFile = SD.open("datalog.txt",FILE_WRITE);
133     if (myFile){
134       Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo encabezado (fila 1)");
135       myFile.println("Tiempo(ms), volt.Fotovol,volt.Eolic,current.Fotovol,current.Eolic,pot.Fotovol,pot.Eolic");
136       myFile.close();

```

```

137     }else{
138         Serial.println("Error creando archivo datalog.csv");
139     }
140 }
141
142 // Inicializacion de Pulsadores
143 pinMode(pulsadoron, INPUT_PULLUP);
144 pinMode(pulsadoroff, INPUT_PULLUP);
145 pinMode(rele, OUTPUT);
146 pinMode(pulsadoron_2, INPUT_PULLUP);
147 pinMode(pulsadoroff_2, INPUT_PULLUP);
148 pinMode(rele_2, OUTPUT);
149
150 // Inicializacion modulo max rs485
151 pinMode(MAX485_RE_NEG, OUTPUT);
152 pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);
153 pinMode(MAX485_RE_NEG2, OUTPUT);
154 pinMode(MAX485_DE2, OUTPUT);
155
156 // Inicializacion en modo recibir
157 digitalWrite(MAX485_RE_NEG, 0);
158 digitalWrite(MAX485_DE, 0);
159 digitalWrite(MAX485_RE_NEG2, 0);
160 digitalWrite(MAX485_DE2, 0);
161
162 // Modbus comunicacion
163 Serial.begin(9600);
164 Serial3.begin(9600, SERIAL_8N1);
165 Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1);
166 node.begin(1, Serial3);
167 node2.begin(1, Serial2);
168 // Las devoluciones de llamada nos permiten configurar correctamente el transceptor RS485
169 node.preTransmission(preTransmission);
170 node.postTransmission(postTransmission);
171 node2.preTransmission(preTransmission);
172 node2.postTransmission(postTransmission);
173
174 }

```

```

175
176 void loop() {
177
178
179   if(Serial.available() >= 0 ) {
180     Dato = Serial.readString();
181
182     //Comunicacion RS485
183     uint8_t result;
184     result = node.readInputRegisters(35,14);
185     uint8_t result_2;
186     result_2 = node2.readInputRegisters(35,14);
187     if (result == node.ku8MBSuccess && result_2 == node2.ku8MBSuccess)
188     {
189       DPT=node.getResponseBuffer(0);
190       DPT_2=node2.getResponseBuffer(0);
191       if(DPT==257 && DPT_2 == 257){
192         DPT=1;
193         DPT_2=1;
194       }
195       else if(DPT==513&& DPT_2 == 513){
196         DPT=2;
197         DPT_2=2;
198       }
199       else{
200         DPT=3;
201         DPT_2=3;
202       }
203       //Corriente
204       if (result == node.ku8MBSuccess && result_2 == node2.ku8MBSuccess)
205       {
206         DCT=node.getResponseBuffer(0);
207         DCT_2=node2.getResponseBuffer(0);
208         if(DCT==257 && DCT_2==257){
209           DCT=1;
210           DCT_2=1;
211         }

```

```

212     else if (DCT==513 && DCT_2==513){
213         DCT=2;
214         DCT_2=2;
215     }
216     else{
217         DCT=3;
218         DCT_2=3;
219     }
220 }
221 //Potencia
222 if (result == node.ku8MBSuccess && result_2 == node2.ku8MBSuccess)
223 {
224     DPQ=node.getResponseBuffer(0);
225     DPQ_2=node2.getResponseBuffer(0);
226     if(DPQ==257 && DPQ_2==257){
227         DPQ=1;
228         DPQ_2=1;
229     }
230     else if (DPQ==513 && DPQ_2==513){
231         DPQ=2;
232         DPQ_2=2;
233     }
234     else{
235         DPQ=3;
236         DPQ_2=3;
237     }
238 }
239 // Lectura de los registros primere modulo
240 volCca=node.getResponseBuffer(2); //valor leido del registro
241 volCcb=node.getResponseBuffer(3); //valor leido del registro
242 volCcc=node.getResponseBuffer(4); //valor leido del registro
243 ICca=node.getResponseBuffer(8); //valor leido del registro
244 ICcb=node.getResponseBuffer(9); //valor leido del registro
245 ICcc=node.getResponseBuffer(10); //valor leido del registro
246 PCca=node.getResponseBuffer(11); //valor leido del registro
247 PCcb=node.getResponseBuffer(12); //valor leido del registro
248 PCcc=node.getResponseBuffer(13); //valor leido del registro

```

```

249
250 // Calculo de los registros para mostrar en pantalla
251 volCca=(volCca/10000)*pow(10,DPT);
252 volCcb=(volCcb/10000)*pow(10,DPT);
253 volCcc=(volCcc/10000)*pow(10,DPT);
254 ICca=(ICca/10000)*pow(10,DCT);
255 ICcb=(ICcb/10000)*pow(10,DCT);
256 ICcc=(ICcc/10000)*pow(10,DCT);
257 PCca=(PCca/10000)*pow(10,DPQ);
258 PCcb=(PCcb/10000)*pow(10,DPQ);
259 PCcc=(PCcc/10000)*pow(10,DPQ);
260
261 // Lectura de los registros segundo modulo
262 volREa=node2.getResponseBuffer(2); //valor leído del registro
263 volREb=node2.getResponseBuffer(3); //valor leído del registro
264 volREc=node2.getResponseBuffer(4); //valor leído del registro
265 IREa=node2.getResponseBuffer(8); //valor leído del registro
266 IREb=node2.getResponseBuffer(9); //valor leído del registro
267 IREc=node2.getResponseBuffer(10); //valor leído del registro
268 PREa=node2.getResponseBuffer(11); //valor leído del registro
269 PREb=node2.getResponseBuffer(12); //valor leído del registro
270 PREc=node2.getResponseBuffer(13); //valor leído del registro
271 // Calculo de Registros segundo modulo
272 volREa=(volREa/10000)*pow(10,DPT_2);
273 volREb=(volREb/10000)*pow(10,DPT_2);
274 volREc=(volREc/10000)*pow(10,DPT_2);
275 IREa=(IREa/10000)*pow(10,DCT_2);
276 IREb=(IREb/10000)*pow(10,DCT_2);
277 IREc=(IREc/10000)*pow(10,DCT_2);
278 PREa=(PREa/10000)*pow(10,DPQ_2);
279 PREb=(PREb/10000)*pow(10,DPQ_2);
280 PREc=(PREc/10000)*pow(10,DPQ_2);
281 }
282 delay(1000);
283 //Voltaje Sensor 1 Sistema fotovoltaico
284 value_1 = analogRead(A1); // Leemos el Pin analogico A1 fotovoltaico
285 vout_1 = (value_1 * 6.09) / 1023.0;
286 vin_1 = vout_1 * 11;//1/11=(R2 / (R1 + R2))

```

```

287 if (vin_1 <= 15 ){
288   vin_1 = 0;
289 }
290
291 //Voltaje Sensor 2 Sistema eólico
292 value_2 = analogRead(A2); // Leemos el Pin analogico A2 Eolico
293 vout_2 = (value_2 * 6.09) / 1023.0;
294 vin_2 = vout_2 * 11;
295 if ((vin_1 >=20)&&(vin_2 >= 10)){
296   vin_2 = vin_2 - 11;
297 }
298
299
300
301
302 // Sensor de corriente 1 S. Fotovoltaico
303 corrienteSensor_1= analogRead(A4); //Para la lectura del sensor
304 corriente_1=corrienteSensor_1 * vin_1/1023;
305 Idc_1 =(corriente_1 - 2.5)/Sensibilidad;
306 int current_1 = Idc_1 * 100;
307 if (current_1 <= 0){
308   current_1 = 0;
309 }
310 if (Idc_1 <= 0){
311   Idc_1 = 0;
312 }
313
314 // Sensor de corriente 2 S. Eolico
315 corrienteSensor_2= analogRead(A5); //Para la lectura del sensor
316 corriente_2=corrienteSensor_2 * vin_2/1023;
317 Idc_2 =(corriente_2 - 2.5)/Sensibilidad;
318 int current_2 = Idc_2 * 100;
319 if (current_2 <= 0){
320   current_2 = 0;
321 }
322 if (Idc_2 <= 0){
323   Idc_2 = 0;
324 }

```

```

325
326
327 // Calculo de potencia
328 potencia_1 = Idc_1 * vin_1;
329 if (potencia_1 <= 0){
330     potencia_1 = 0;
331 }
332 potencia_2 = Idc_2 * vin_2;
333 if (potencia_2 <= 0){
334     potencia_2 = 0;
335 }
336
337 if(Dato[0]=='a'){
338     Serial.flush();
339     fotovoltaico=true;
340     general=false;
341     eolico=false;
342     ciele=false;
343     red=false;
344     generacion=false;
345     Data=false;
346 }
347 if(fotovoltaico==true){
348     Serial.print("voltage_foto.val=");
349     Serial.print(vin_1);
350     envio();
351     Serial.print("current_foto.val=");
352     Serial.print(current_1);
353     envio();
354     Serial.print("pow_foto.val=");
355     Serial.print(potencia_1);
356     envio();
357     delay(100);
358 }
359
360 if(Dato[0]=='b') {
361     Serial.flush();
362     eolico=true;

```

```

363     general=false;
364     fotovoltaico=false;
365     cielo=false;
366     red=false;
367     generacion=false;
368     Data=false;
369 }
370 if(eolico==true){
371     Serial.print("voltage_eolic.val=");
372     Serial.print(vin_2);
373     envio();
374     Serial.print("current_eolic.val=");
375     Serial.print(current_2);
376     envio();
377     Serial.print("pow_eolic.val=");
378     Serial.print(potencia_2);
379     envio();
380 }
381
382
383     if(Dato[0]=='z')
384     {
385         general=true;
386         fotovoltaico=false;
387         eolico=false;
388         cielo=false;
389         red=false;
390         generacion=false;
391         Data=false;
392     }
393     if(general==true){
394         Serial.print("vol_foto.val=");
395         Serial.print(vin_1);
396         envio();
397         Serial.print("vol_eolico.val=");
398         Serial.print(vin_2);
399         envio();

```



```

400     if ((volREa == 0) && (volREb == 0) && (volREc == 0)){
401     Serial.print("Bajo.txt=\"RE Desconectado\"");
402     envio();
403     digitalWrite(rele,LOW);
404     contador=0;
405     digitalWrite(rele_2,LOW);
406     contador_2=0;
407     delay(100);
408     }else{
409     Serial.print("Bajo.txt=\"\"");
410     envio();
411     }
412     if (Idc_1 >=32){
413     Serial.print("Alerta_2.txt=\"Sobrecorriente S.F.\"");
414     envio();
415     digitalWrite(rele,LOW);
416     contador=0;
417     digitalWrite(rele_2,LOW);
418     contador_2=0;
419     delay(100);
420     }
421     if (Idc_2 >=32){
422     Serial.print("Alerta_2.txt=\"Sobrecorriente S.E.\"");
423     envio();
424     digitalWrite(rele,LOW);
425     contador=0;
426     digitalWrite(rele_2,LOW);
427     contador_2=0;
428     delay(100);
429     }
430     }
431
432     if(Dato[0]=='f')
433     {
434     general=false;
435     fotovoltaico=false;
436     eolico=false;
437     ciele=false;

```

```

438     red=false;
439     generacion=false;
440     Data=false;
441     digitalWrite(rele,HIGH);
442     contador=1;
443 }
444 if(Dato[0]=='g')
445 {
446     general=false;
447     fotovoltaico=false;
448     eolico=false;
449     ciele=false;
450     red=false;
451     generacion=false;
452     Data=false;
453     digitalWrite(rele,LOW);
454     contador=0;
455 }
456 if(Dato[0]=='h')
457 {
458     general=false;
459     fotovoltaico=false;
460     eolico=false;
461     ciele=false;
462     red=false;
463     generacion=false;
464     Data=false;
465     digitalWrite(rele_2,HIGH);
466     contador_2=1;
467 }
468 if(Dato[0]=='i')
469 {
470     general=false;
471     fotovoltaico=false;
472     eolico=false;
473     ciele=false;
474     red=false;
475     generacion=false;

```

```

476     Data=false;
477     digitalWrite(rele_2,LOW);
478     contador_2=0;
479 }
480 if(Dato[0]=='r') {
481     Serial.flush();
482     generacion=true;
483     red=false;
484     ciele=false;
485     eolico=false;
486     general=false;
487     fotovoltaico=false;
488     Data=false;
489 }
490 if(generacion==true){
491     int lineal_v = 131.30 * 100;
492     Serial.print("lineal_v.val=");
493     Serial.print(lineal_v);
494     envio();
495     int lineal_c = 0.15 * 100 ;
496     Serial.print("lineal_c.val=");
497     Serial.print(lineal_c);
498     envio();
499     int lineal_p = 19.69 * 100;
500     Serial.print("lineal_p.val=");
501     Serial.print(lineal_p);
502     envio();
503     int linea2_v = 129.20 * 100;
504     Serial.print("linea2_v.val=");
505     Serial.print(linea2_v);
506     envio();
507     int linea2_c = 0.13 * 100;
508     Serial.print("linea2_c.val=");
509     Serial.print(linea2_c);
510     envio();
511     int linea2_p = 16.79 * 100;
512     Serial.print("linea2_p.val=");
513     Serial.print(linea2_p);

```

```

514     envio();
515     int linea3_v = 133.8 * 100;
516     Serial.print("linea3_v.val=");
517     Serial.print(linea3_v);
518     envio();
519     int linea3_c = 0.25 * 100;
520     Serial.print("linea3_c.val=");
521     Serial.print(linea3_c);
522     envio();
523     int linea3_p = 33.45 * 100;
524     Serial.print("linea3_p.val=");
525     Serial.print(linea3_p);
526     envio();
527     delay(100);
528 }
529 if(Dato[0]=='t') {
530     Serial.flush();
531     red=true;
532     generacion=false;
533     ciele=false;
534     eolico=false;
535     general=false;
536     fotovoltaico=false;
537     Data=false;
538 }
539 if(red==true){
540     int linealred_v = volREa * 100;
541     Serial.print("linealred_v.val=");
542     Serial.print(linealred_v);
543     envio();
544     int linealred_c = IREa * 100;
545     Serial.print("linealred_c.val=");
546     Serial.print(linealred_c);
547     envio();
548     int linealred_p = PREa * 100;
549     Serial.print("linealred_p.val=");
550     Serial.print(linealred_p);
551     envio();

```

```

552     int linea2red_v = volREb * 100;
553     Serial.print("linea2red_v.val=");
554     Serial.print(linea2red_v);
555     envio();
556     int linea2red_c = IREb * 100;
557     Serial.print("linea2red_c.val=");
558     Serial.print(linea2red_c);
559     envio();
560     int linea2red_p = PREb * 100;
561     Serial.print("linea2red_p.val=");
562     Serial.print(linea2red_p);
563     envio();
564     int linea3red_v = volREc * 100;
565     Serial.print("linea3red_v.val=");
566     Serial.print(linea3red_v);
567     envio();
568     int linea3red_c = IREc * 100;
569     Serial.print("linea3red_c.val=");
570     Serial.print(linea3red_c);
571     envio();
572     int linea3red_p = PREc * 100;
573     Serial.print("linea3red_p.val=");
574     Serial.print(PREc);
575     envio();
576     delay(100);
577 }
578 if(Dato[0]=='u') {
579     Serial.flush();
580     ciele=true;
581     red=false;
582     generacion=false;
583     eolico=false;
584     general=false;
585     fotovoltaico=false;
586     Data=false;
587 }
588 if(ciele==true){
589     int linealci_v = volCca * 100;

```

```

590     Serial.print("linealci_v.val=");
591     Serial.print(linealci_v);
592     envio();
593     int linealci_c = ICca * 100;
594     Serial.print("linealci_c.val=");
595     Serial.print(linealci_c);
596     envio();
597     int linealci_p = PCca * 100;
598     Serial.print("linealci_p.val=");
599     Serial.print(linealci_p);
600     envio();
601     int linea2ci_v = volCcb * 100;
602     Serial.print("linea2ci_v.val=");
603     Serial.print(linea2ci_v);
604     envio();
605     int linea2ci_c = ICcb * 100;
606     Serial.print("linea2ci_c.val=");
607     Serial.print(linea2ci_c);
608     envio();
609     int linea2ci_p = PCcb * 100;
610     Serial.print("linea2ci_p.val=");
611     Serial.print(linea2ci_p);
612     envio();
613     int linea3ci_v = volCcc * 100;
614     Serial.print("linea3ci_v.val=");
615     Serial.print(linea3ci_v);
616     envio();
617     int linea3ci_c = ICcc * 100;
618     Serial.print("linea3ci_c.val=");
619     Serial.print(linea3ci_c);
620     envio();
621     int linea3ci_p = PCcc * 100;
622     Serial.print("linea3ci_p.val=");
623     Serial.print(linea3ci_p);
624     envio();
625     delay(100);
626 }
627

```

```

628   if (Dato[0]== 'd') {
629       Serial.flush();
630       Data=true;
631       red=false;
632       generacion=false;
633       ciele=false;
634       eolico=false;
635       general=false;
636       fotovoltaico=false;
637
638   }
639   if (Data==true){
640       Serial.print("T35.txt=\"Escribiendo SD:\");
641       envio();
642       Serial.print("T36.txt=\"Obteniendo Datos...\");
643       envio();
644       delay(100);
645   myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE); // Abrimos le archivo
646   if (myFile){
647       Serial.print("Escribiendo SD:");
648
649       myFile.print(millis());
650       myFile.print(",");
651       myFile.print(vin_1);
652       myFile.print(",");
653       myFile.print(vin_2);
654       myFile.print(", ");
655       myFile.print(Idc_1);
656       myFile.print(",");
657       myFile.print(Idc_2);
658       myFile.print(",");
659       myFile.print(potencia_1);
660       myFile.print(",");
661       myFile.println(potencia_2);
662       myFile.close(); //cerramos el archivo
663       delay(1000);
664   } else {
665       Serial.println("Error al abrir el archivo");

```

```

666     }
667     delay(100);
668     }
669     delay(100);
670 }
671 //Encendido de rele Sistema fotovoltaico
672 valoron = digitalRead(pulsadoron);
673 valoroff = digitalRead(pulsadoroff);
674 if ((valoron == LOW) && (old_valoron == HIGH)){
675     contador++;
676     delay(100);
677 }
678 old_valoron = valoron; // valor del antiguo estado
679
680 if ((valoroff == HIGH) && (old_valoroff == LOW)){
681     contador=0;
682     delay(100);
683 }
684 old_valoroff = valoroff; // valor del antiguo estado
685
686 if (contador>=1){
687     contador=1;
688     digitalWrite(rele, HIGH); // enciende el LED
689 }
690 else{
691     digitalWrite(rele, LOW); // enciende el LED
692 }
693 //Encendido de rele_2 Sistema eólico
694 valoron_2 = digitalRead(pulsadoron_2);
695 valoroff_2 = digitalRead(pulsadoroff_2);
696 if ((valoron_2 == LOW) && (old_valoron_2 == HIGH)){
697     contador_2++;
698     delay(100);
699 }
700 old_valoron_2 = valoron_2; // valor del antiguo estado
701

```



```
702     if ((valoroff_2 == HIGH) && (old_valoroff_2 == LOW)){
703         contador_2=0;
704         delay(100);
705     }
706     old_valoroff_2 = valoroff_2; // valor del antiguo estado
707
708     if (contador_2>=1){
709         digitalWrite(rele_2, HIGH); // enciende el LED
710     }
711     else{
712         digitalWrite(rele_2, LOW); // enciende el LED
713     }
714 }
```

Anexo Ñ: Manual de Funcionamiento

El presente manual de funcionamiento tiene como objetivo dar a conocer al estudiante o usuario todos los procesos y acciones para poner en marcha la herramienta de monitoreo y control, con la cual se realiza la adquisición, monitoreo y control del sistema híbrido eólico-fotovoltaico integrado a la red eléctrica.

1.1 Inicio de la herramienta de monitoreo y control

La herramienta de monitoreo y control implementada al sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integración a la red, está diseñada para poder visualizar a través de una pantalla los diferentes parámetros eléctricos generados en DC, como también el control del sistema de generación, la adquisición de datos en AC por parte de los analizadores de red y la desconexión de la red eléctrica.

La implementación de la herramienta debe ejecutarse de tal forma que la interfaz para la adquisición de datos sea segura, confiable y eficaz. A continuación, se describe los procedimientos a realizar para la instalación correcta de la herramienta.

1.2 Implementación de módulos y sensores

Para poder medir los datos eléctricos en DC se requiere de algunos sensores y módulos que hacen posible la obtención de los parámetros, En la Figura 1, se muestra el diseño del tablero y la conexión de cada uno de los elementos que se utilizaron para el desarrollo de la herramienta.



Fig. 1: Tablero de la Herramienta de monitoreo y control.
Fuente: El Autor.

Elementos del tablero.

1. Microcontrolador Arduino.
2. Módulos MAX RS485.
3. Módulo Micro SD.
4. Sensores de voltaje DC.
5. Sensores de corriente ACS712 30A DC.
6. Placa pulsadores.
7. Módulos relés.

1.3 Configuración Analizadores de Red

Se dispone de dos tipos diferentes de analizadores de red, manejando marcas como "LIFASA", que se muestra en la Figura 2, y "MORNING GROUP", como se indica en la Figura 3.



Fig. 2: Analizador de red de la marca "LIFASA".
Fuente: El Autor.

Para la configuración del analizador "LIFASA", se debe acceder al menú "COMM 1", para luego proceder a configurar cada uno de los parámetros designados.

Los parámetros a configurar son:

- El número de periférico asignado, del 1 al 254.
- La velocidad de transmisión, BaudRate: 9600 o 19200.
- La paridad:

None, sin paridad.

Even, paridad par.

Odd, paridad impar.

- El número de bits de stop, 1 o 2.

En el analizador de la Figura 3, se debe acceder al menú de configuración por medio del botón "SET", y ubicarse en la opción "CON1".

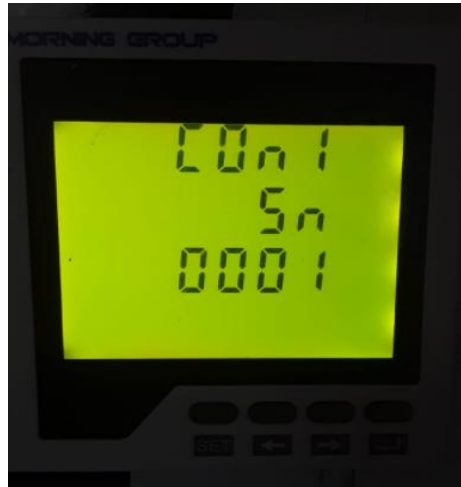


Fig. 3: Analizador de red de la marca "MORNING GROUP".
Fuente: El Autor.

Los parámetros para configurar son los siguientes.

Rango de mediciones de comunicación, del 1 al 247.

La velocidad de comunicación Baud:

- 0001 es 1200.
- 0002 es 2400.
- 0003 es 4800.
- 0004 es 9600.

La paridad:

- 0001 es N81 paridad par.
- 0002 es 081 sin paridad.
- 0003 es E81 paridad impar

1.4 Instalación de los Módulos RS-485

En la Tabla 1, se muestra a detalle cada uno de los pines utilizados del microcontrolador Arduino mega 2560 conectados a los terminales necesarios para la comunicación de los módulos Max RS-485. Los módulos funcionan con una entrada de 5V DC.

TABLA 1
Conexiones de Arduino Mega 2560.

| Primer módulo Max RS-485 Carga CIELE | |
|--|----|
| Pin digital 3 | DE |
| Pin digital 2 | RE |
| Entrada TX 3 pin digital 14 | DI |
| Entrada RX 3 pin digital 15 | RO |
| Segundo módulo Max RS-485 Red Eléctrica | |
| Pin digital 25 | DE |
| Pin digital 27 | RE |
| Entrada TX 2 pin digital 16 | DI |
| Entrada RX 2 pin digital 17 | RO |
| Tercer módulo Max RS-485 Sistema Híbrido | |
| Pin digital 29 | DE |
| Pin digital 31 | RE |
| Entrada TX 1 pin digital 18 | DI |
| Entrada RX 1 pin digital 19 | RO |

Fuente: El Autor.

Cada módulo Max RS-485 cuenta con placas PCB, para su fácil instalación en el tablero, esto con la finalidad de realizar una conexión más rápida y óptima, en la Figura 4 se indica los módulos conectados.



Fig. 4: Módulos Max RS-485.

Fuente: El Autor.

Para las conexiones entre los módulos y los analizadores de red se utiliza las salidas A y B, conectados con cable de tipo UTP blindado de categoría 6. En la Figura 5, se muestra las conexiones realizadas de cada analizador.



Fig. 5: Conexión de Analizadores de Red.
Fuente: El Autor.

1.5 Instalación de los sensores de voltaje y de corriente

Para la instalación de los sensores de voltaje y de corriente se utilizó cable de tipo 18 AWG THHN, en la Figura 6, se muestra un diagrama unifilar de las conexiones de los sensores.

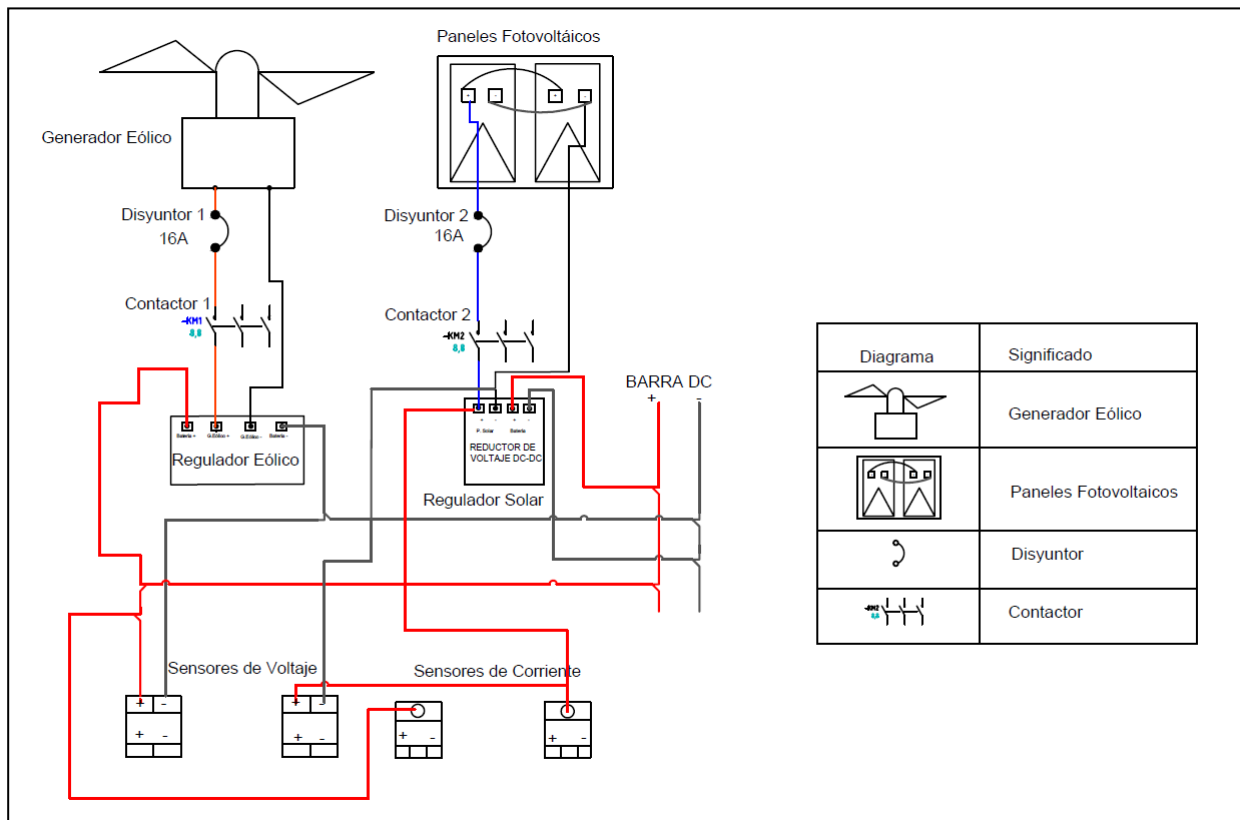


Fig. 6: Diagrama Unifilar conexion de sensores.
Fuente: El Autor.

En el diagrama unifilar se observa las respectivas conexiones en las que se encuentran conectados los sensores de corriente y voltaje. Para el sistema fotovoltaico se conectan los sensores a la salida del contactor y para el sistema eólico los sensores se conectan a la salida del regulador de carga eólico.

1.6 Instalación del sistema de control

Para el encendido y apagado del sistema de generación híbrida se cuenta con un sistema de maniobra como se muestra en la Figura 7, el cual consta de la utilización de pulsadores y además de una interfaz de pantalla.

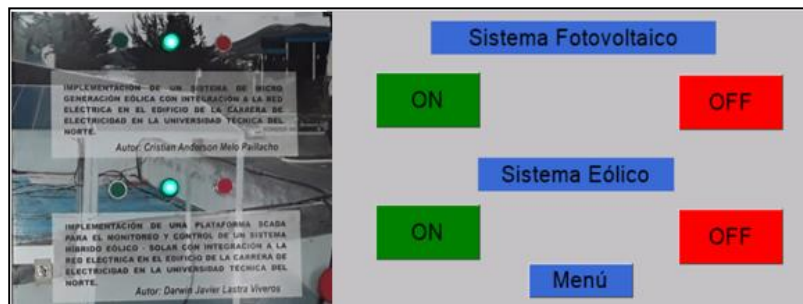


Fig. 7: Sistema de Maniobra.
Fuente: El Autor.

Para la utilización de pulsadores se realizó una placa PCB, permitiendo así adecuar su señal para el funcionamiento con el microcontrolador Arduino Mega 2560. En la Figura 8, se indica el diagrama unifilar de la placa conectada con los pulsadores tanto de marcha como de paro, para ambos sistemas de generación.

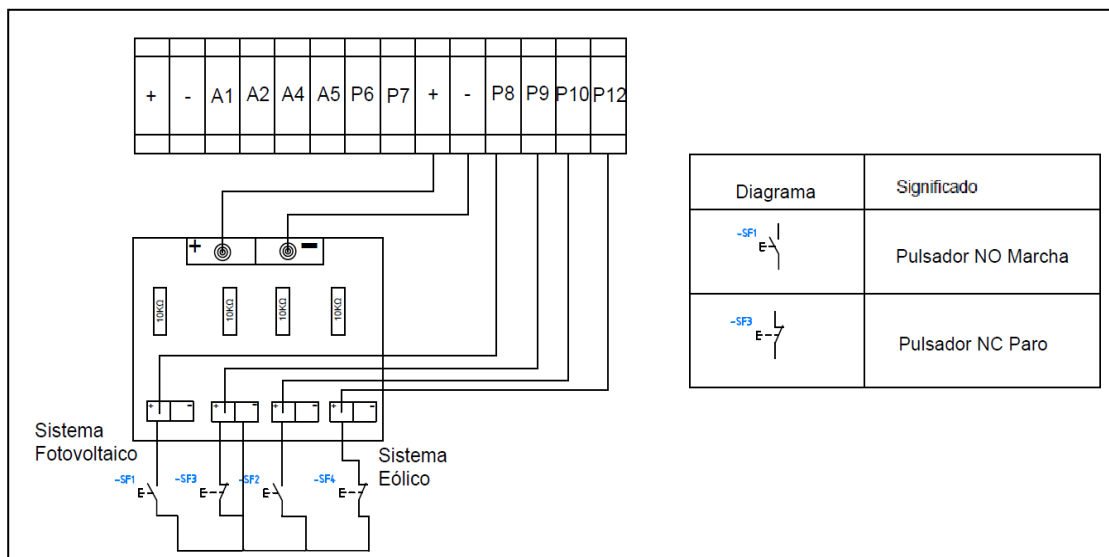


Fig. 8: Diagrama Unifilar.

Fuente: El Autor.

En la Figura 9, se muestra la instalación de los relés para el control de los contactores que se encargan de energizar al sistema en general.

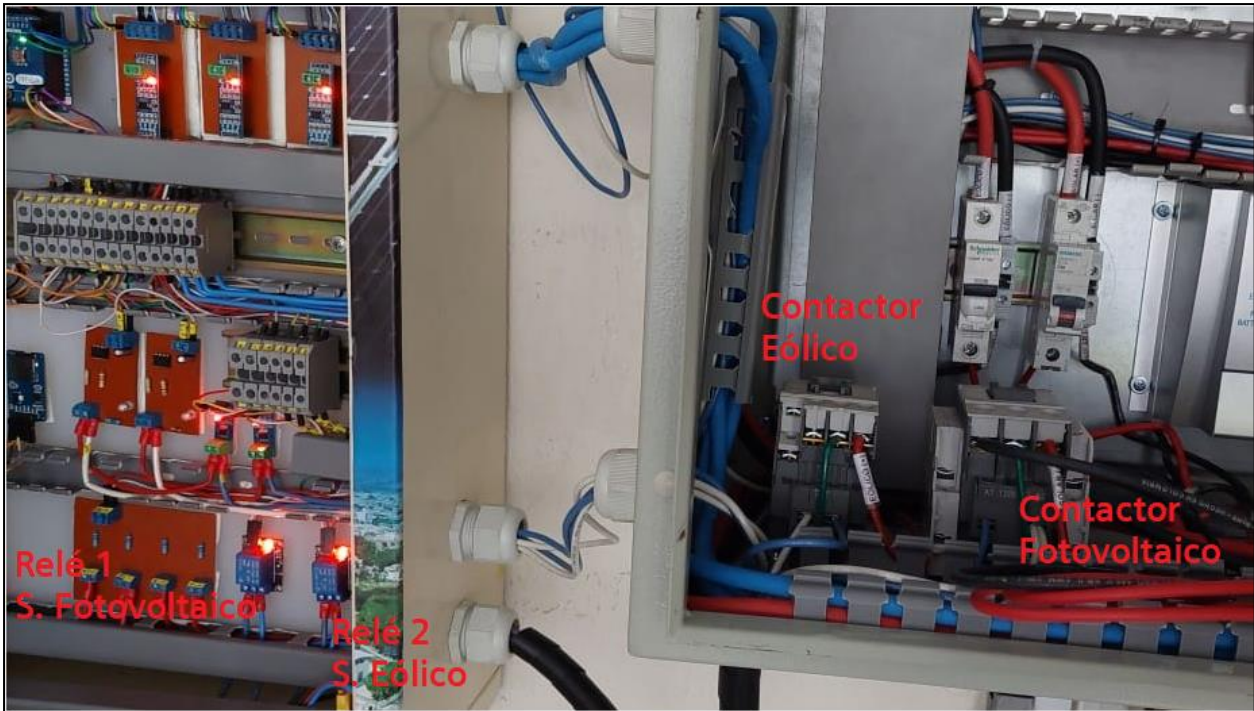


Fig. 9: Instalación de Relés.
Fuente: El Autor.

A continuación, en la Figura 10, se muestra el diagrama unifilar de los relés.

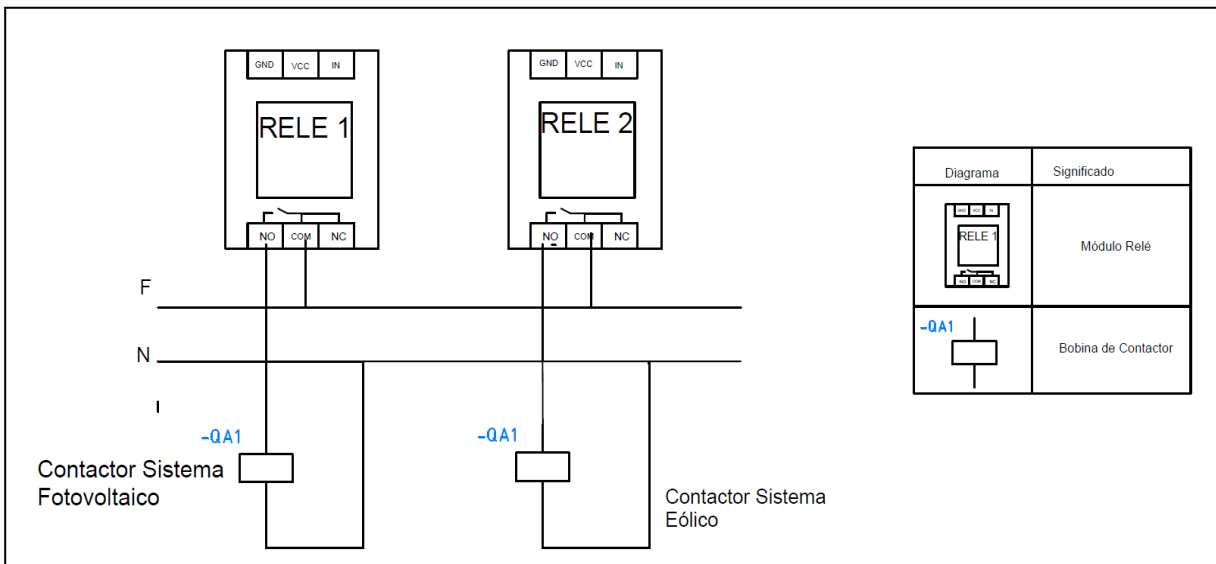


Fig. 10: Diagrama unifilar de Relés.
Fuente: El Autor.

1.7 Funcionamiento de la pantalla Nextion

La pantalla NEXTION cuenta con su propio software, en el cual se diseña cada una de las páginas que se mostrarán en la pantalla, en las cuales se puede agregar una serie de elementos como botones, textos, imágenes, números, sliders y barras, además de agregar cada una de las acciones que va a realizar cada uno de ellos, proporcionando una visualización entre la persona y los distintos componentes que conforman la herramienta de monitoreo y control, en la Figura 11, se muestra el diseño final que tendrá la pantalla.

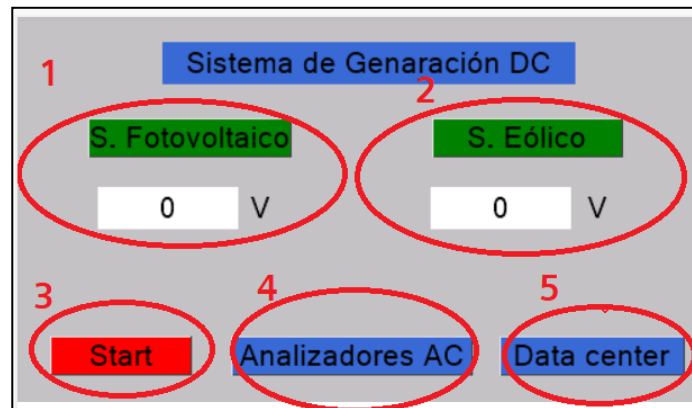


Fig. 11: Interfaz de la pantalla.
Fuente: El Autor.

A continuación, se detalla las partes que tiene la interfaz de la pantalla.

1. Datos del sistema fotovoltaico.
2. Datos del sistema eólico.
3. Menú de accionamiento de relés.
4. Acceso al menú de los analizadores de red.
5. Acceso a la Data center.

Al presionar el botón "S. FOTOVOLTAICO", como se muestra en la Figura 12, se accederá al menú para observar los datos del sistema de generación fotovoltaico como se indica en la Figura 13, indicando los parámetros de voltaje, corriente y potencia.

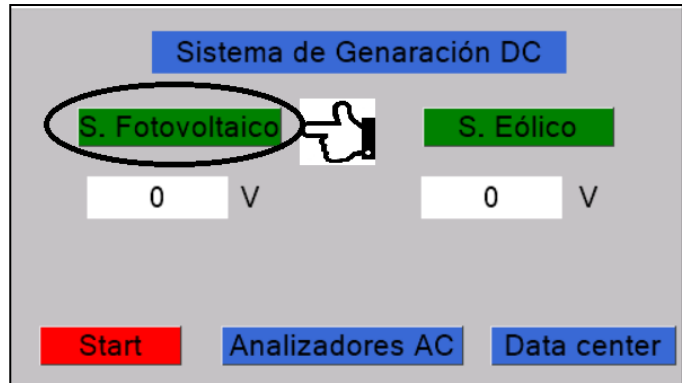


Fig. 12: botón "S. Fotovoltaico".
Fuente: El Autor.



Fig. 13: Parámetros sistema fotovoltaico.
Fuente: El Autor.

Al presionar el botón "S. EÓLICO", como se muestra en la Figura 14, se accederá al menú para observar los datos del sistema de generación eólico como se indica en la Figura 15, indicando los parámetros de voltaje, corriente y potencia.

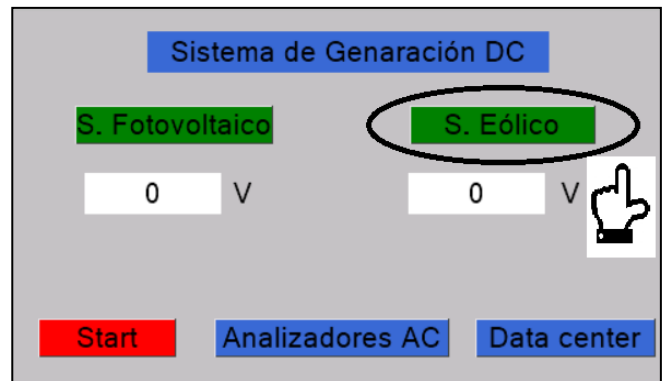


Fig. 14: Botón "S. Eólico".
Fuente: El Autor.

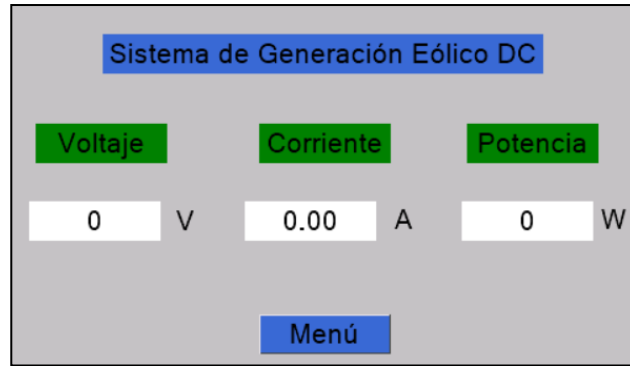


Fig. 15: Parámetros sistema eólico.
Fuente: El Autor.

Como se indica en la Figura 16, con el uso del botón “START” se podrá acceder al sistema de maniobra, para en encendido y el apagado de ambos sistemas de generación respectivamente, como se muestra en la Figura 17.



Fig. 16: Botón “Start”.
Fuente: El Autor.



Fig. 17: Sistema de maniobra.
Fuente: El Autor.

Como se indica en la Figura 18, con el uso del botón “ANALIZADORES AC”, se podrá acceder al menú como se muestra en la Figura 19, en donde se deberá elegir qué tipo de analizadore de red se desea observar sus datos.

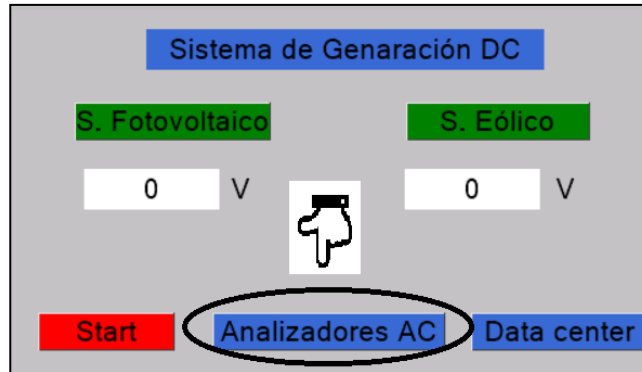


Fig. 18: Menú de analizadores de red.
Fuente: El Autor.



Fig. 19: Submenú de analizadores de red.
Fuente: El Autor.

El submenú, que se muestra en la Figura 20, muestra la interfaz de un analizador de red, en este caso es el analizador de la Carga CIELE, en el cual se podrá observar los datos de voltaje, corriente y potencia. Esta interfaz es similar para cada uno de los analizadores.

| | Voltaje | Corriente | Potencia |
|---------|---------|-----------|----------|
| Línea 1 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |
| Línea 2 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |
| Línea 3 | 0.00 V | 0.00 A | 0.00 W |

Fig. 20: Datos del analizador de Carga CIELE.
Fuente: El Autor.

1.8 Base de Datos

Para una mejor interpretación de los parámetros generados por los sensores se implementó una base de datos, que se encarga de recopilar todos los datos generados por parte de los sistemas de generación. Para ello, en la pantalla principal se debe seleccionar el botón “DATA CENTER” como se indica en la Figura 21.



Fig. 21: Data Center
Fuente: El Autor.

En la Figura 22, muestra el menú, con el botón de “OBTENER DATOS”. Una vez que se inicie los datos estos serán guardados en la tarjeta microSD.

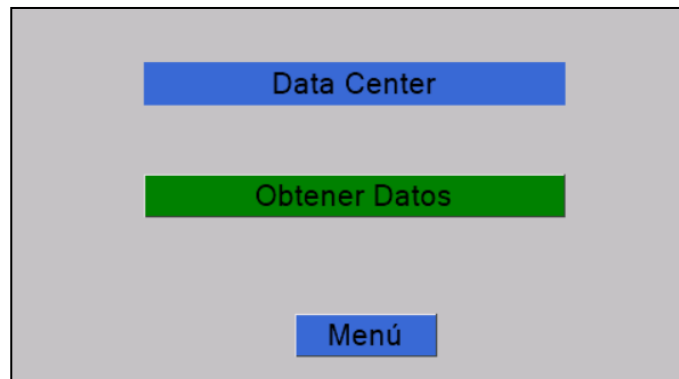


Fig. 22: Interfaz del Data center.
Fuente: El Autor.

En la Figura 23, muestra la adquisición de datos, mientras la pantalla se encuentre en la interfaz de la “DATA CENTER”, se imprimirá y guardará los datos en la MicroSD.

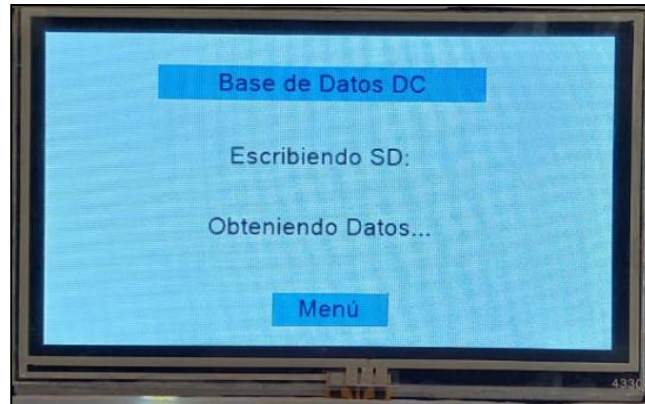


Fig. 23: Base de datos.
Fuente: El Autor.

Se creo una plantilla en el programa Excel con el nombre de “DATOS” el cual está constituido por tres tipos de pestañas, las cuales se describen a continuación:

1. **DATALOG:** Esta pestaña contiene los datos que se encuentran almacenados en la tarjeta de memoria microSD.
2. **OBTENCIÓN:** Contiene los valores copiados del archivo importado de la tarjeta de memoria microSD.
3. **GRÁFICAS:** Se encarga de mostrar las distintas gráficas de los datos obtenidos.

Para observar los datos se debe insertar la tarjeta microSD en un ordenador, el archivo se encontrará con el nombre “DATALOG”, el cual es un archivo de texto. Para obtener las gráficas de los datos obtenidos se debe insertar los datos en una plantilla de Excel como se muestra en la Figura 23.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para importar los datos de la tarjeta microSD al documento de Excel.

1. En la plantilla de Excel se debe acceder en la opción de “DATOS”.
2. Se debe seleccionar la opción “DE TEXTO/CSV”.
3. Se importa los datos de la memoria microSD.

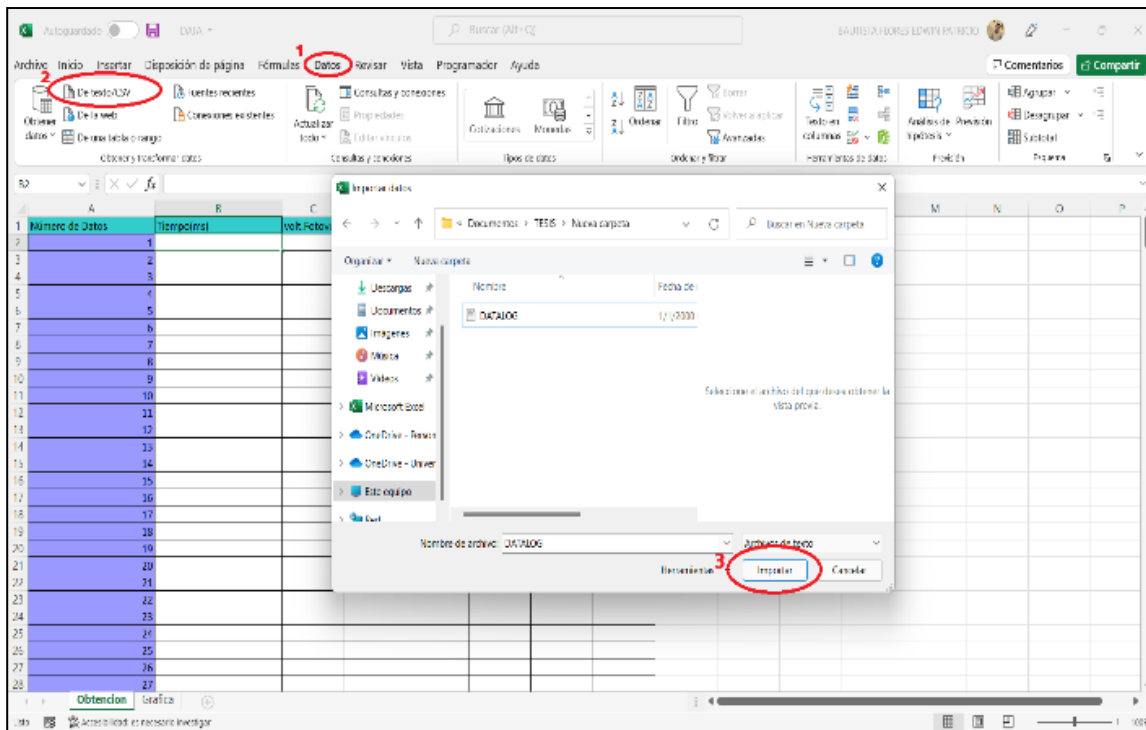


Fig. 23: Importar datos.
Fuente: El Autor.

Una vez importado los datos que se necesitan se mostrará una tabla como se indica en la Figura 24. Excel da la opción de insertar todos los datos o como mínimo doscientos, una vez se haya importado se procede a copiar todos los datos requeridos.

| Tiempo (ms) | volt.Fotovol | volt.Eolic | current.Fotovol | current.Eolic | pot.Fotovol | pot.Eolic |
|-------------|--------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-----------|
| 1054602 | 33 | 40 | 2075 | 2577 | 684 | 1030 |
| 1057013 | 33 | 40 | 2094 | 2601 | 691 | 1040 |
| 1059424 | 33 | 40 | 2060 | 2572 | 679 | 1028 |
| 1061835 | 33 | 40 | 2000 | 2577 | 679 | 1030 |
| 1064246 | 34 | 40 | 2139 | 2572 | 727 | 1028 |
| 1066657 | 34 | 40 | 2144 | 2589 | 728 | 1035 |
| 1069068 | 34 | 40 | 2144 | 2583 | 728 | 1033 |
| 1071479 | 34 | 40 | 2149 | 2601 | 730 | 1040 |
| 1073890 | 34 | 40 | 2139 | 2577 | 727 | 1030 |
| 1076301 | 34 | 40 | 2154 | 2607 | 732 | 1042 |
| 1078712 | 34 | 40 | 2134 | 2601 | 725 | 1040 |
| 1081123 | 34 | 40 | 2144 | 2589 | 728 | 1035 |
| 1083537 | 34 | 40 | 2134 | 2583 | 725 | 1033 |
| 1085948 | 34 | 41 | 2164 | 2694 | 735 | 1104 |
| 1088359 | 34 | 41 | 2110 | 2651 | 720 | 1087 |
| 1090770 | 34 | 41 | 2154 | 2657 | 732 | 1089 |
| 1093181 | 34 | 41 | 2144 | 2657 | 728 | 1088 |
| 1095592 | 34 | 41 | 2139 | 2682 | 727 | 1099 |
| 1098004 | 34 | 41 | 2144 | 2657 | 728 | 1088 |
| 1100416 | 34 | 41 | 2159 | 2657 | 734 | 1089 |
| 1102827 | 34 | 41 | 2149 | 2676 | 730 | 1097 |
| 1105239 | 34 | 41 | 2154 | 2657 | 732 | 1089 |
| 1107650 | 35 | 41 | 2208 | 2670 | 772 | 1094 |
| 1110062 | 35 | 41 | 2203 | 2657 | 770 | 1089 |
| 1112473 | 35 | 41 | 2203 | 2676 | 770 | 1097 |
| 1114885 | 35 | 41 | 2244 | 2706 | 785 | 1109 |
| 1117299 | 35 | 41 | 2223 | 2688 | 778 | 1101 |

Fig. 24: Tabla de datos de MicroSD.
Fuente: El Autor.

Para pegar los datos copiados, se debe posicionar en la pestaña “OBTENCIÓN” y dirigirse a la celda “B2”. Se procederá a dar clic derecho y en opciones de pegado seleccionar solo valores, como se indica en la Figura 25.

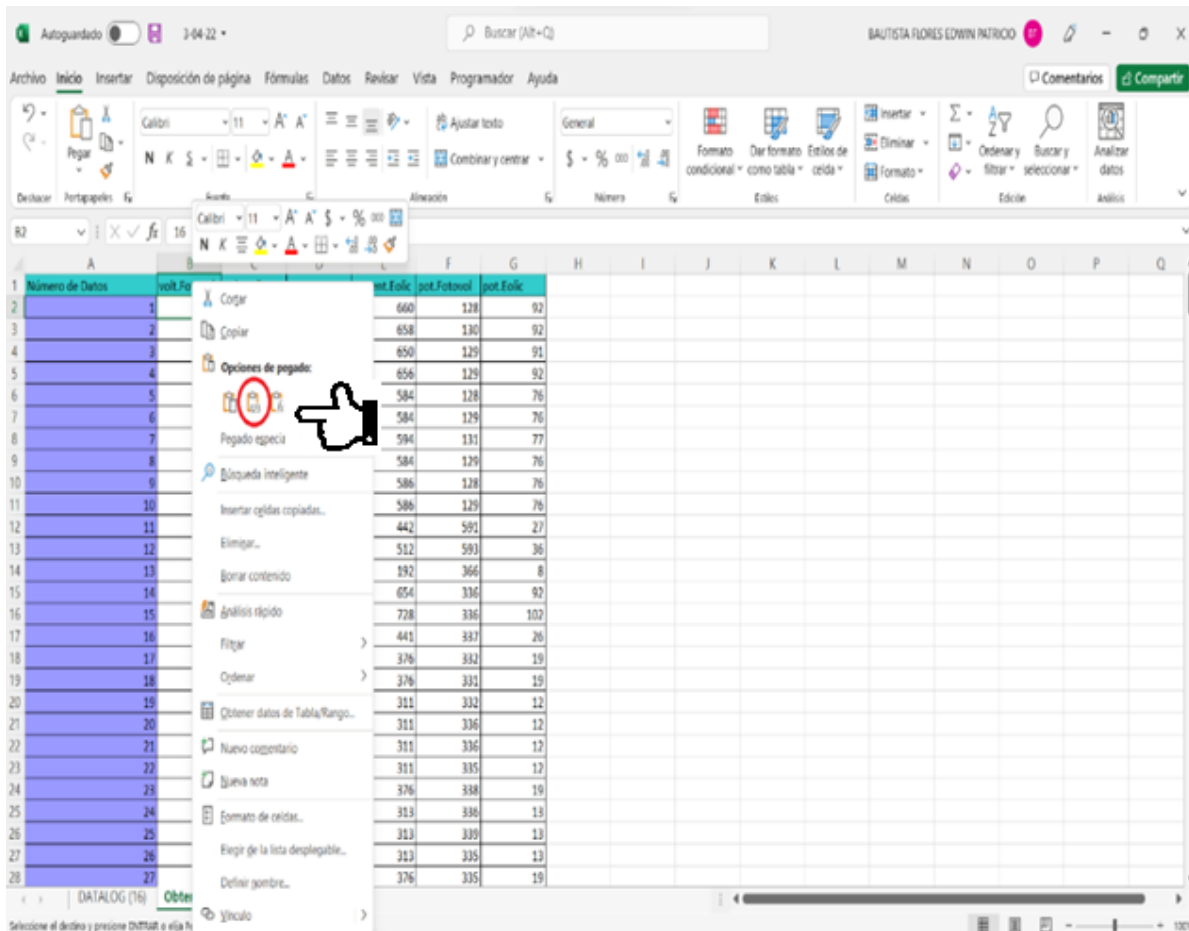


Fig. 25: Valores obtenidos.
Fuente: El Autor

Automáticamente, los datos se subirán en la siguiente pestaña con el nombre de “GRÁFICA” la cual mostrará los diagramas de las mediciones obtenidas por parte de los respectivos sensores tanto de voltaje como de corriente, dando así un detalle de la variación de los datos del sistema de generación híbrida en general, como se indica en la Figura 26.

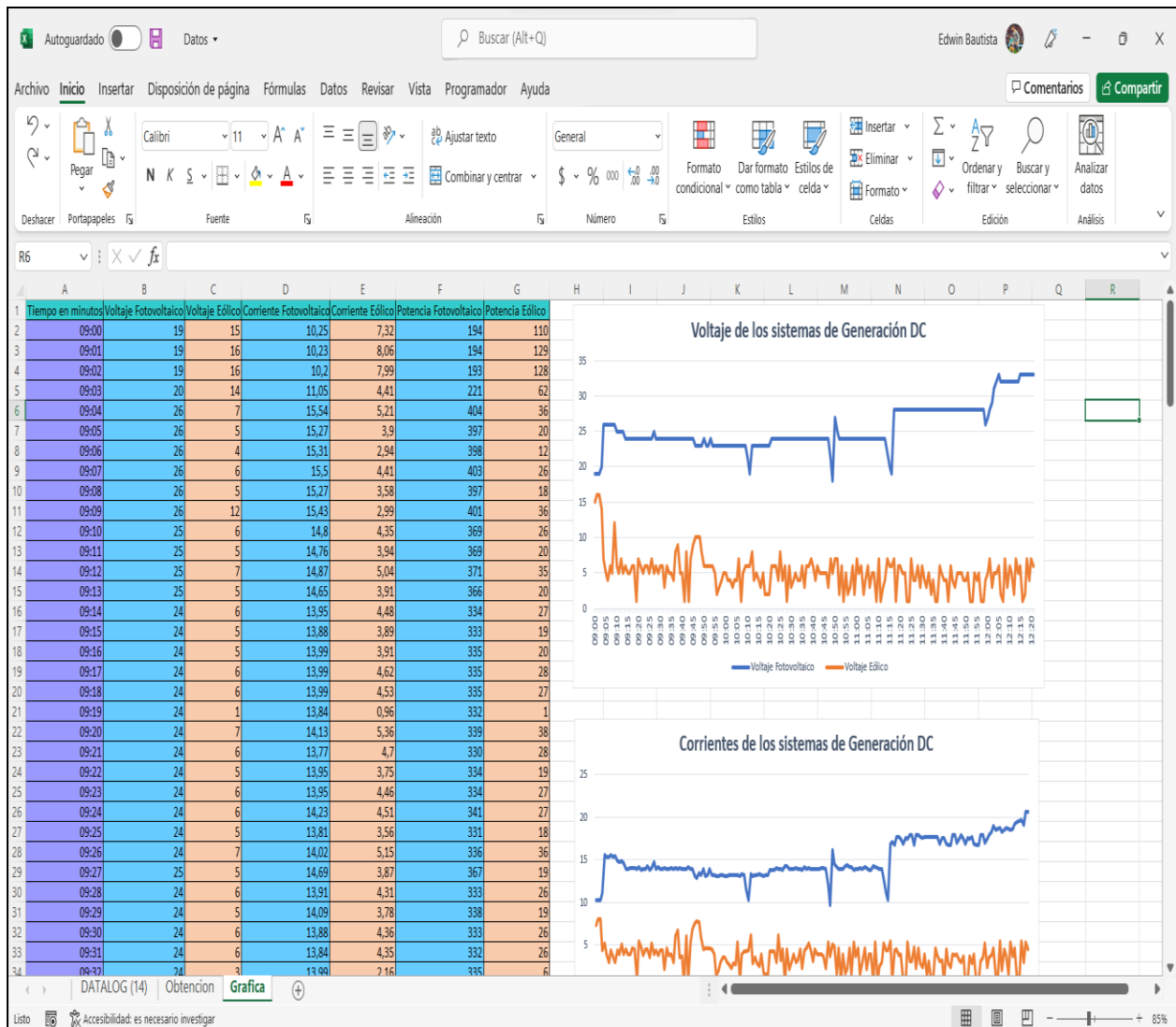


Fig. 26: Gráfica de datos.
Fuente: El Autor.

1.9 Funcionamiento del sistema

Para el diseño de la herramienta se requiere de los dispositivos necesarios que harán posible el funcionamiento. Como pieza fundamental para todo el sistema de generación se encuentra el microcontrolador Arduino Mega 2560, este cuenta con su propio software, es de fácil utilización y programación, con una interfaz eficaz, el microcontrolador llega a funcionar de una manera eficiente respecto a las tareas que debe realizar.

Los parámetros eléctricos se mostrarán mediante una interfaz hombre-máquina que será efectuado por parte de la pantalla NEXTION, la cuenta con su propio software, en el cual se puede diseñar cada una de las páginas que se mostrarán en la pantalla, puede ser una como varias páginas en las cuales se puede agregar una serie de elementos según sea la necesidad,

además de poder agregar cada una de las acciones que se quiere ejecutar, proporciona control y visualización entre la persona y los distintos componentes que conforman la herramienta de monitoreo y control, además de utilizar un puerto serial que facilita la comunicación con el microcontrolador Arduino.

Anexo O: Manual de Mantenimiento

La herramienta de monitoreo y control se caracteriza por ser una herramienta de software, no requieren de un mantenimiento posterior a su desarrollo e instalación, esto en caso de estar bien desarrolladas y diseñadas. En este tipo de proyectos, los mantenimientos están dirigidos a ciertos equipos que conforman el tablero. El presente Manual de Mantenimiento describe los mantenimientos a realizar a los equipos que incorporan la pantalla.

2.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento se realiza cada cierto tiempo para evitar que el tablero presente fallas a futuro y así lograr la vida útil del mismo, dando como resultado una perfecta operación de los distintos módulos y sensores.

Los principales elementos se detallan a continuación.

| Componente | Actividad | Periodo | Herramienta |
|-----------------|---|-----------|---|
| Tablero General | Verificación visual del tablero. | Semestral | |
| | Verificación del rotulado e identificación del tablero. | Semestral | |
| | Limpieza de los componentes eléctricos del tablero. | Anual | Franelas Limia contactos |
| | Ajuste de borneras. | Semestral | Destornillador de tipo estrella |
| | Aplicación de limpia contacto dieléctrico. | Anual | Limpia contactos |
| | Mediciones de parámetros eléctricos en cada sensor. Toma de valores medidos y análisis de sensores. | Semestral | Alicate Destornillador Multímetro |

| | | | |
|--|---|-----------|---|
| Relés | Revisar aislamiento de cables y terminales de conexión. | Semestral | Alicate Destornillador Multímetro |
| | Ajustar bornes de conexión. | Semestral | Alicate Destornillador Multímetro |
| Sensor de Voltaje Sensor de Corriente | Verificar valores correctos del sensor. | Semestral | Alicate Destornillador Multímetro |
| | Revisar aislamiento de cables y ajuste de terminales. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |
| Módulo Max RS-485 | Revisar terminales de conexión. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |
| Módulo MicroSD | Revisar terminales de conexión. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |
| Pulsadores | Verificación de funcionamiento del pulsador. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |
| | Limpieza del pulsador. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro Limpia contactos |
| | Reajuste de los pulsadores. | Semestral | Alicate Destornillador Multímetro |
| | Revisión de continuidad en cables de conexión. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |

| | | | |
|----------|--|-------|---|
| Pantalla | Revisión y ajuste de borneras de conexión. | Anual | Alicate Destornillador Multímetro |
|----------|--|-------|---|

Nota: Las actividades planteadas se deben realizar con el tablero totalmente desenergizado y desconectado, además de utilizar herramientas desmagnetizadas para evitar posibles daños en los módulos y sensores.

2.2 Mantenimiento de correctivo

A continuación, se menciona las actividades correctivas en caso de presentarse algún tipo de falla a la hora del funcionamiento. Para cualquier tipo de actividad de mantenimiento se debe de usar equipos de protección personal como: guantes, gafas, caso, etc. Además de utilizar las herramientas adecuadas, en este caso utilizar herramientas desmagnetizadas y siempre desconectando el tablero.

| Componente | Falla | Posible Causa | Actividad de corrección |
|--|--|---|--|
| Tablero General | No enciende | Desconexión de la alimentación general. | Revisar y reconectar los cables de conexión. |
| | | Switch de encendido en mal estado. | Cambiar el Switch. |
| Relés | No realiza ninguna función de enclavamiento. | Relé se encuentra en mal estado. | Sustituir el relé por uno nuevo. |
| Sensor de Voltaje Sensor de Corriente | No indica señal de salida en sus mediciones. | Se aflojaron terminales y borneras | Reajustar los terminales. |
| | | El sensor sobrepaso su capacidad de medición. | Cambiar el sensor defectuoso. |
| Módulo Max RS-485 | No muestra ningún tipo de señal en la pantalla | Se aflojaron borneras de conexión. | Reajustar los terminales y borneras. |

| | | | |
|----------------|--|--|-------------------------------------|
| Módulo MicroSD | No guarda los datos en la tarjeta de memoria | Cable desconectado del módulo. | Reconectar el cable. |
| Pulsadores | No realiza ningún tipo de accionamiento | Cables flojos. | Sustituir cables defectuosos. |
| | | Pulsador en mal estado. | Cambio de pulsador. |
| Pantalla | La pantalla titila repentinamente | Borneras de la alimentación se encuentran flojas o mal conectadas. | Reajustar borneras de alimentación. |

Anexo P: Manual de Prácticas

Se procede a crear prácticas con la finalidad de relacionar a los estudiantes con los equipos implementados en este proyecto y el funcionamiento de este.

Práctica N°1

1.1 Tema: Identificación de los módulos y sensores que conforman a la herramienta de monitoreo y control para un sistema de generación híbrida eólico-fotovoltaico.

1.2 Objetivo general.

Identificar desde el punto de vista técnico cada uno de los módulos y sensores que conforman la herramienta de monitoreo y control, para así tener una visión general de las partes que conforman al dispositivo.

1.3 Objetivos específicos.

- Observar las partes principales de la herramienta de monitoreo y control.
- Analizar el funcionamiento de cada uno de los sensores y módulos que conforman la herramienta de monitoreo y control.

1.4 Introducción.

Con el surgimiento de nuevas tecnologías, se ha buscado que los procesos sean más rápidos y eficientes, lo que ha llevado a innovar nuevas formas de automatización y control de procesos, pero eso no es suficiente, se necesita una forma de monitorear y adquirir datos de las variables de un sistema como voltajes, corrientes, potencias, etc. De esa forma poder conocer en qué estado se puede encontrar el funcionamiento de los procesos.

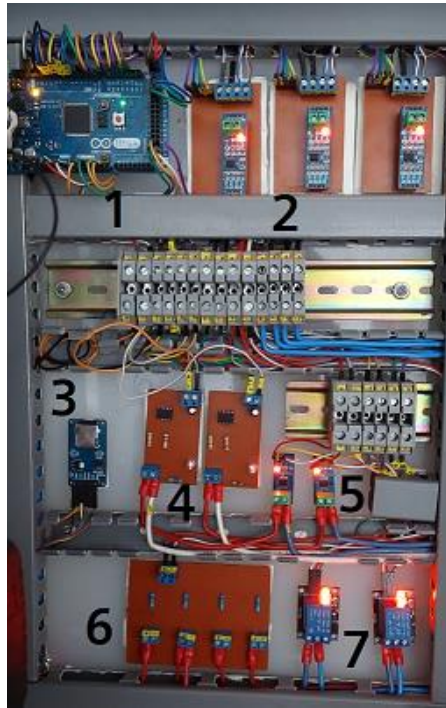
Con el diseño de sensores y módulos tanto de voltaje como de corriente DC y con la ayuda de un microcontrolador, se implementó una interfaz en donde se puede visualizar parámetros como voltaje, corriente y potencia, que está suministrando tanto el sistema eólico como el fotovoltaico.

1.5 Equipos y materiales

- Tablero de Monitoreo y control.
- Fuentes Bibliográficas.
- Internet



1.6 Desarrollo.



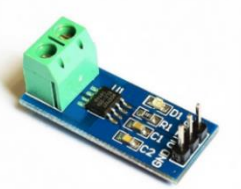


1.- Identifique el tablero y explique con sus propias palabras el funcionamiento de la herramienta de monitoreo y control.



Interprete y describa el funcionamiento

2.- Observe cada uno de los módulos y sensores que conforman la herramienta de monitoreo y control y describir a continuación el funcionamiento y características de los siguientes elementos.

| Elemento | Nombre | Funcionamiento | Características y Parámetros |
|---|--------|----------------|------------------------------|
|  | | | |
|  | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
|  | | | |
|  | | | |
|  | | | |
|  | | | |
|  | | | |

3.- Realice la conexión general unifilar de los sensores de voltaje y de corriente.

1.7 Resultados.

1.8 Conclusiones

1.9 Recomendaciones.

1.10 Bibliografía.

Práctica N°2

1.1 Tema: Obtención de las curvas de voltaje, corriente y potencia de un sistema de generación fotovoltaico.

1.2 Objetivo general.

Obtener las curvas de voltaje, corriente y potencia de un sistema de generación fotovoltaico, durante las mañanas en horarios de 9:00 hasta las 13:00 horas.

1.3 Objetivos específicos.

- Obtener los datos de voltaje, corriente y potencia del sistema fotovoltaico durante las horas determinadas.
- Determinar el punto de potencia máxima de los paneles fotovoltaicos.

1.4 Introducción.

En la actualidad, los sistemas de generación fundamentados en energías renovables son acoplados a la red eléctrica, mediante dispositivos basados en electrónica de potencia, para lo cual también es importante la implementación de herramientas que permitan su monitorización y control, por medio de la utilización de software y hardware especializados. El sistema de generación híbrida eólica-fotovoltaica con conexión a la red eléctrica, tiende a generar distintos tipos de datos, mediante las cuales se puede obtener una idea de cuanta energía se está inyectando en tiempo real a la red eléctrica.

1.5 Equipos y materiales

- Tablero de Monitoreo y control.
- Fuentes Bibliográficas.
- Internet.
- Base de datos.

1.6 Desarrollo.

1.- Recopilar los datos en el lapso de 9:00 a 13:00 horas durante tres días.

| Hora | Voltaje | Corriente | Potencia |
|---------------|---------|-----------|----------|
| 9:00 a 10:00 | | | |
| 10:00 a 11:00 | | | |
| 11:00 a 12:00 | | | |
| 12:00 a 13:00 | | | |

2.- Realice un análisis de las gráficas durante el lapso determinado y describa con sus propias palabras que sucede con las gráficas durante el transcurso de las horas en las que se realizó las mediciones.

1.6 Resultados.

1.7 Conclusiones

1.8 Recomendaciones.

1.9 Bibliografía.

Práctica N°3

1.1 Tema: Obtención de las curvas de voltaje, corriente y potencia de un sistema de generación eólico.

1.4 Objetivo general.

Obtener las curvas de voltaje, corriente y potencia de un sistema de generación eólico, durante las tardes en horarios de 14:00 hasta las 17:00 horas.

1.5 Objetivos específicos.

- Obtener los datos de voltaje, corriente y potencia del sistema fotovoltaico durante las horas determinadas.
- Determinar el punto de potencia máxima de los paneles fotovoltaicos.

1.4 Introducción.

En la actualidad, los sistemas de generación fundamentados en energías renovables son acoplados a la red eléctrica, mediante dispositivos basados en electrónica de potencia, para lo cual también es importante la implementación de herramientas que permitan su monitorización y control, por medio de la utilización de software y hardware especializados. El sistema de generación híbrida eólica-fotovoltaica con conexión a la red eléctrica, tiende a generar distintos tipos de datos, mediante las cuales se puede obtener una idea de cuanta energía se está inyectando en tiempo real a la red eléctrica.

1.5 Equipos y materiales

- Tablero de Monitoreo y control.
- Fuentes Bibliográficas.
- Internet.
- Base de datos.

1.7 Desarrollo.

1.- Recopilar los datos en el lapso de 14:00 a 17:00 horas durante tres días.

| Hora | Voltaje | Corriente | Potencia |
|---------------|---------|-----------|----------|
| 14:00 a 15:00 | | | |
| 15:00 a 16:00 | | | |
| 16:00 a 17:00 | | | |

2.- Realice un análisis de las gráficas durante el lapso determinado y describa con sus propias palabras que sucede con las gráficas durante el transcurso de las horas en las que se realizó las mediciones.

1.10 Resultados.

1.11 Conclusiones

1.12 Recomendaciones.

1.13 Bibliografía.

Práctica N°4

1.1 Tema: Utilización de la pantalla Nextion y un módulo relé para la familiarización del estudiante con un interfaz de pantalla del tipo HMI.

1.2 Objetivo general.

Crear un proyecto en el software Nextion, y establecer una comunicación con la placa Arduino mega 2560 para el accionamiento de un módulo relé.

1.3 Objetivos específicos.

- Realizar paso a paso las acciones pertinentes para la creación de un proyecto nuevo en el software de la pantalla Nextion.
- Determinar los pasos a seguir para establecer la comunicación entre la pantalla Nextion y el microcontrolador Arduino mega 2560 para realizar las acciones de activar y desactivar un módulo relé por medio de la pantalla Nextion

1.4 Introducción.

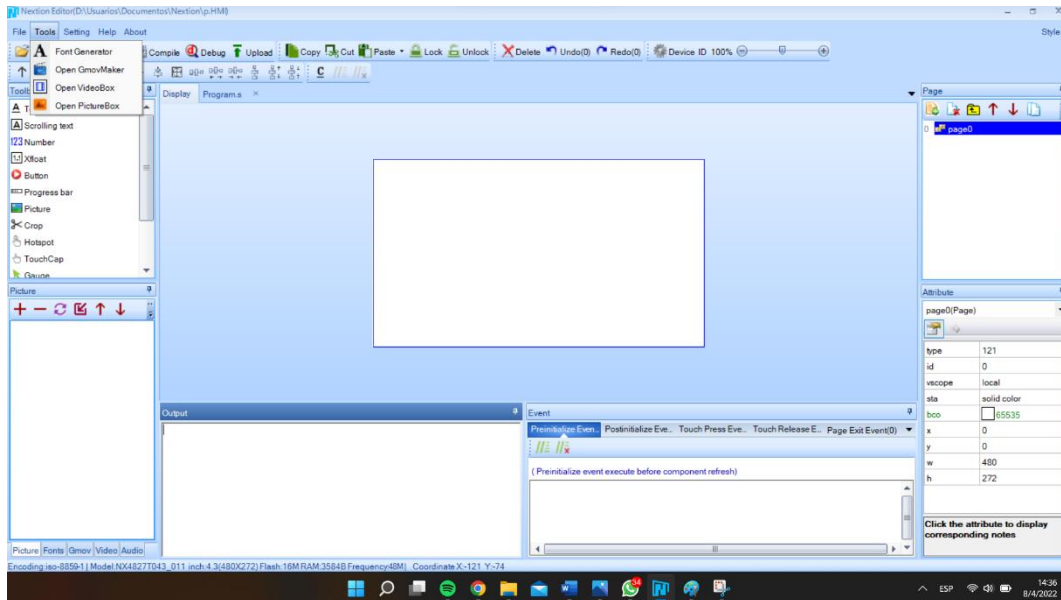
La pantalla NEXTION cuenta con su propio software libre, en el cual se puede diseñar cada una de las páginas que se mostrarán en la pantalla, puede ser una como varias páginas en las cuales se puede agregar una serie de elementos según sea la necesidad, además de poder agregar cada una de las acciones que se quiere realizar, proporciona control y visualización entre la persona y los distintos componentes que conforman un proyecto, además de utilizar un puerto serial que facilita la comunicación con el microcontrolador Arduino.

1.5 Equipos y materiales

- Arduino Mega 2560.
- Módulo Relé.
- Pantalla Nextion.
- Fuentes Bibliográficas.
- Internet

1.6 Desarrollo.

1.- ¿Cuáles son las partes del software Nextion?, Identifique en el gráfico.



2.- Describa las herramientas que contiene el software Nextion y con sus propias palabras mencione una breve descripción.

| Herramienta | descripción |
|-------------|-------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

3.- Enumere los pasos para crear un nuevo proyecto en el software Nextion.

4.- Inserte una captura de la interfaz de la pantalla creada para el accionamiento del modulo relé.

1.7 Resultados.

1.8 Conclusiones

1.9 Recomendaciones.

1.10 Bibliografía.

Práctica N°5

1.1 Tema: Comunicación entre microcontrolador Arduino y analizador de red utilizando protocolo RS-485.

1.2 Objetivo general.

Desarrollar mediante el protocolo RS-485 la comunicación entre un analizador de red y el microcontrolador Arduino mega 2560.

1.3 Objetivos específicos.

- Realizar la comunicación entre el analizador de red de la marca "MORNING GROUP" con el microcontrolador Arduino 2560.
- Observar los daos obtenidos mediante el uso del monitor serial del software Arduino.

1.4 Introducción.

Para el envío de datos por RS485 se utiliza el circuito integrado MAX-485, el cual trabaja a 5V, transformando los niveles de transmisión a niveles TTL. El pin Di se utiliza para el envío de datos mientras que el pin Ro se utiliza para la recepción de datos. Estos pines están conectado a una salida de Arduino, la cual los activa o desactiva según las necesidades.

1.5 Equipos y materiales

- Arduino Mega 2560.
- Módulo Max RS-485
- Analizadores de red.
- Cable UTP.
- Fuentes Bibliográficas.
- Internet

1.6 Desarrollo.

1.- Describa los parámetros a configurar en el analizador de red de la marca "MORNING GROUP".

| Parámetros | Descripción |
|---------------------|-------------|
| Rango de mediciones | |
| Velocidad | |
| Paridad | |

2.- Mencione cada uno de los registros que mide el analizador de res y describa su significado.

| Registro | Significado |
|-----------------|--------------------|
| | |
| | |
| | |

3.- Describa los pines del módulo Max RS-485 que permiten la lectura y registro de datos.

| Pines de conexión módulo Max RS-485 | Significado |
|--|--------------------|
| | |
| | |
| | |

1.7 Resultados.

1.8 Conclusiones

1.9 Recomendaciones.

1.10 Bibliografía.