REVISTA ELECTRO, Vol. 45 pp. 143-148, Oct 2023, Chihuahua, Chih. México
https://itchihuahua.mx/revista_electro
ISSN 1405-2172

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL ELÉCTRICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN UN LABORATORIO MÓVIL"

González Sánchez Víctor Aldair, Morán Solano María Guadalupe, Gómez Jordán Claudia, Vilchis Pineda Alejandro Evaristo
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, ININ
Cerro de Coatepec S/N, Colonia Universidad, Toluca, México
Carretera México Toluca S/N, Ocoyoacac, Estado de México
7223807945, 7225532117, 7223910786, 7224265094
vgonzalezs007@alumno.uaemex.mx, mgmorans@uaemex.mx, claudia_gomezjordan@yahoo.com.mx,
alejandro.vilvhis@inin.gob.mx

RESUMEN.
Actualmente, diferentes empresas están solicitando el monitoreo y adquisición de señales eléctricas para proteger sus procesos, maquinarias y reducir el consumo de energía eléctrica. Siendo la fuente de energía autogeneradores eléctricos, quienes tienen fallas y provocan paradas inesperadas y por ende pérdidas económicas. Una de las principales fallas es la variación de voltaje en la demanda de grandes cargas conectadas a un mismo punto eléctrico, ocasionando daño en la fuente de voltaje. El monitoreo de las variaciones de señales eléctricas proporciona seguridad en las instalaciones eléctricas. Por esto, la propuesta de este trabajo es aplicar el monitoreo y control eléctrico para suministro de energía en un laboratorio móvil. Utiliza un suministro eléctrico trifásico. Un UPS que suministra la energía al controlador quien analiza el estado de las 3 líneas a través de sensores de voltaje y corriente, activando un contactor trifásico y suministrando energía al laboratorio móvil.
Palabras Clave: sistema de monitoreo, suministro de energía, laboratorio móvil

ABSTRACT.
Nowadays, different companies are requiring the acquisition and supervision of electric signals to protect their processes, machinery and to reduce electric energy consumption. Being the source of energy electric auto generators, which fail and provoke unexpected stops and therefore economic losses. One of the main faults of voltage variability is the demand of high electric sources connected at the same electrical spot, causing damage in the voltage source. Monitoring of electrical signaling variations provides security in electrical installations. Hence, the main purpose of this work is to apply the supervision and electrical control for energy supply in a mobile laboratory. Uses an electrical three phase supply to connect an UPS giving energy to controller which evaluates the state of the three lines through voltage and current senses, activating a three phases contactor and supplying power to the mobile laboratory.
Keywords: monitoring system, power supply, mobile laboratory

1. INTRODUCTION.

La protección de procesos, y maquinaria en diferentes industrias es indispensable. Actualmente, el avance tecnológico ofrece sistemas de monitoreo en el suministro de energía para realizar esta protección. Como lo mencionan en [1] el avance tecnológico second section may be included, which would be the first section in the main body. ofrecido en los últimos años por las distintas empresas comprometidas con el monitoreo y procesamiento de variables eléctricas es muy sofisticado, teniendo gran variedad de instrumentos con un alto grado de precisión que facilitan un correcto análisis de los datos medidos en la red de distribución o maquinas eléctricas que se desean controlar.

Por otro lado, en [2] mencionan que los generadores trifásicos son máquinas ampliamente utilizadas como fuentes de energía eléctrica. Es común encontrarlos asociados a sistemas de alimentación alternativos.

Reportan que cada vez más las industrias invierten más dinero en instrumentación y control de sus procesos advirtiendo con esto sobre etapas de monitoreo con mucha capacidad para sensar, procesar y ajustar los valores de las variables correspondientes. [3]

En el caso del servicio de electricidad en la industria es de suma importancia contar con equipos especializados que permitan monitorear y cuantificar las variables más importantes de la red, para garantizar ciertos niveles de voltaje y corriente. [4]

Un tipo de sistema de monitoreo de energía eléctrica empleando una interfaz gráfica en LabView se muestra en [5]. El sistema sensa las señales de tensión y corriente eléctrica por medio de una etapa de adquisición basada en un FPGA.

Otra interfaz de programación gráfica usando LabView v12.0 se conecta mediante una red Ethernet a un sistema embebido, el cual controla el encendido y apagado del motor seleccionado y adquiere las señales de corriente y voltaje. Adicionalmente la interface muestra las gráficas de los valores instantáneos de corrientes y voltajes. [6]

El uso del sistema de monitoreo permite visualizar variables eléctricas e indicadores para controlar y supervisar el funcionamiento de procesos industriales y maquinaria. El sistema mide continuamente la energía eléctrica consumida por una carga en una línea de distribución eléctrica monofásica. Captura las señales análogas de corriente y voltaje, las digitaliza y luego las procesa, obteniendo los valores de potencia y energía para almacenarlos y visualizarlos por medio de una pantalla de cristal líquido. [7]

En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo es aplicar el sistema de monitoreo y control eléctrico para suministro de

energía en un laboratorio móvil utilizando un controlador UniStream y HMI [8] para el control de las variables. Una de las ventajas más importantes de este sistema de monitoreo, es controlar el suministro de energía eléctrica al interior del laboratorio móvil de manera automática y manual. Otra ventaja es, generar alarmas cuando haya variaciones de voltaje AC y corriente AC y evitar riesgos y accidentes en el laboratorio móvil. Por último, se puede monitorear el estado del suministro eléctrico voltaje AC y corriente AC en cada fase.

2. SISTEMA DE MONITOREO.

El sistema de monitoreo realizado en [8,11] también permite ver el consumo eléctrico, la temperatura en el interior como el exterior, además de permitirle a una persona encargada encender y apagar los dispositivos de forma remota.
Cuenta con un sistema de protección sobre voltaje AC y sobre corriente AC, en la que utiliza dos sensores, uno de voltaje ZMPT101B y uno de corriente SCT-013, estos se encargan de monitorear los cambios voltaje AC y corriente AC que haya en el sistema y si alguno se sale de los rangos establecidos, los sensores mandan una señal a la fuente de suministro de energía la cual hará que se abra el contactor y se activen las alarmas.

2.1. Sensor de voltaje.

El módulo transformador de voltaje alterno ZMPT101B permite medir voltaje alterno en cada una de las fases del suministro trifásico hasta 250VAC, Figura 1. El módulo está integrado por un transformador que cumple la función de aislamiento galvánico para mayor seguridad en el uso. El lado primario del transformador se conecta al voltaje alterno de la fase que deseamos medir. En el lado secundario del transformador se encuentra un divisor de tensión y un circuito con amplificador operacional (OPAMP LM358) para adicionar un desplazamiento (offset) a la salida análoga. [12]

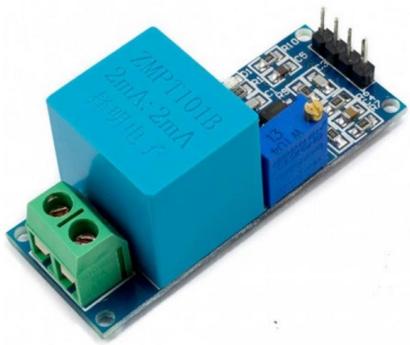


Figura 1. Sensor de voltaje ZMPT101B

2.2. Sensor de corriente.

El sensor de corriente AC. Transformador de corriente de núcleo partido SCT-013, Figura 2. Utilizado para medición de corriente, monitorización y protección de motores AC, equipo de iluminación, compresor de aire, etc. Este sensor mide hasta 30A sin tener contacto con la línea. [13,14]

Figura 2 Sensor de corriente SCT-013

3. CONTROL ELÉCTRICO.

Una vez diseñado el circuito de control eléctrico para el sensor de voltaje y el circuito de control para el sensor de corriente, se procede a implementar los circuitos de control eléctrico con la siguiente metodología.

3.1. Metodología.

En este punto se presentan las etapas para desarrollar el sistema de instrumentación del monitoreo y control eléctrico para suministro de energía en un laboratorio móvil. La Figura 3, muestra esta metodología representada en el diagrama a bloques.

Figura 3. Diagrama a bloques del sistema de instrumentación

1.- Adquisición de variables. Principalmente, se debe tener las variables eléctricas de VAC e IAC. La adquisición de estas variables eléctricas se realiza con los sensores ZMPT101B y SCT-013. En la Figura 4 y Figura 5 se muestran respectivamente la adquisición de datos para cada señal eléctrica a través de la caracterización de los sensores. Ambas señales de salida de los sensores no son aptas para manipularlas, por lo que deben pasar a la segunda etapa.

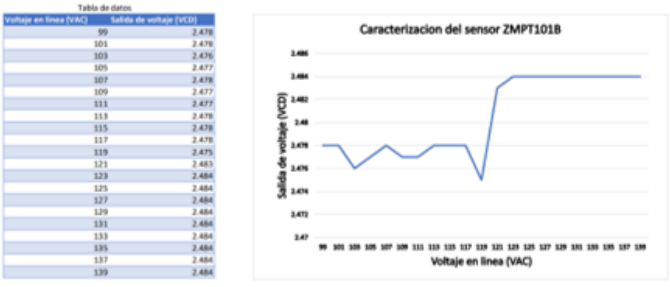


Figura 4. Adquisición de datos del sensor ZMPT101B

Tabla de datos	
Corriente en linea (A)	Salida de voltaje (mV)
1	0.0328
2	0.06584
3	0.09877
4	0.13175
5	0.16478
6	0.19781
7	0.23087
8	0.26395
9	0.29505
10	0.33018
11	0.36116
12	0.3942
13	0.42721
14	0.46024
15	0.49329
16	0.52633
17	0.5617
18	0.5938
19	0.62701
20	0.6598
21	0.6928
22	0.726
23	0.759
24	0.792
25	0.8252
26	0.8582
27	0.8915
28	0.9247
29	0.9579
30	1

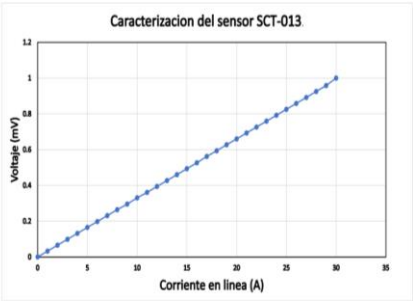


Figura 5. Adquisición de datos del sensor SCT-013

2.- Acondicionamiento de la señal. En esta etapa se utilizan filtros, rectificadores, amplificadores de instrumentación, tarjeta Arduino, para obtener una señal de salida estándar en voltaje de 1-5VDC. La Figura 6 muestra el circuito de control para el acondicionamiento del sensor de voltaje.

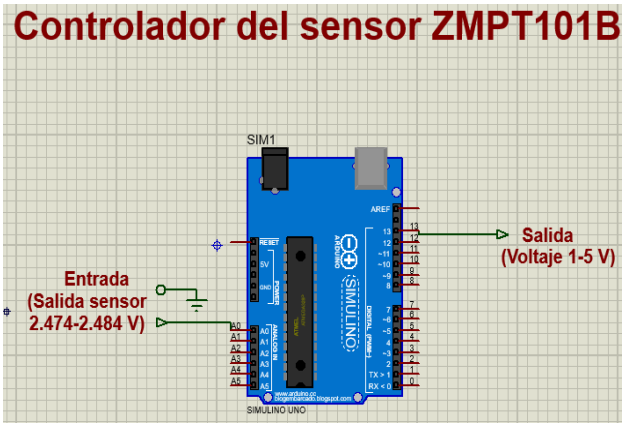


Figura 6. Circuito de control del Sensor de voltaje ZMPT101B

Para acondicionar la señal es necesaria filtrarla para eliminar el ruido eléctrico. El Arduino a través de un programa que se muestra en la Figura 6.1, obtiene la señal del sensor ZMPT101B con el convertidor analógico/ digital interno, realiza un mapeo para asignar los valores leídos a su respectivo valor de salida de 1-5 V.

```
int pwmPin = 13;

void setup() {
  pinMode(pwmPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  int valorSensor = analogRead(A0);
  int valorPWM = map(valorSensor,0,1023,0,255);
  analogWrite(pwmPin, valorPWM);
  delay(10);
}
```

Figura 6.1. Programa en Arduino

Para el sensor SCT-0103, la señal de salida es preamplificada debido a los valores pequeños de voltaje de salida AC que nos proporciona el sensor. Para obtener una señal de voltaje de DC, se utilizó un rectificador de onda completa y un filtro para eliminar el rizo que nos entrega el rectificador y obtener la señal de voltaje DC. Esta señal es enviada a un transmisor eléctrico en voltaje que nos da una salida estándar en voltaje de 1-5V.
La Figura 7 muestra el diseño del circuito de control para el acondicionamiento del sensor de corriente.

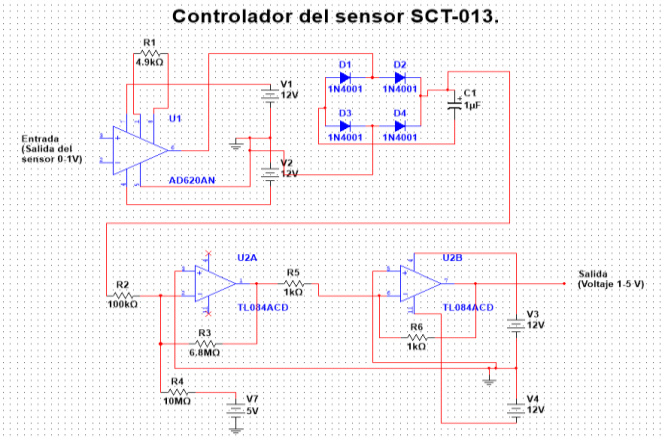


Figura 7 Circuito de control del Sensor de corriente SCT-013

3.- Procesamiento de datos. Para realizar el procesamiento de datos, se utiliza el controlador UniStream modular (USP-104x10), [8,9] mostrado en la Figura 8.
El UniStream es uno de los modelos todo en uno que consta de una HMI con tamaño de pantalla de 10.4”, con 2 entradas Ethernet, 1 entrada mini USB, 2 entradas USB, una microSD. Esta etapa es importante, ya que las señales acondicionadas de ambos sensores con los circuitos de control, entran al módulo de entradas analógicas I/O UIA-0800N del UniStream.

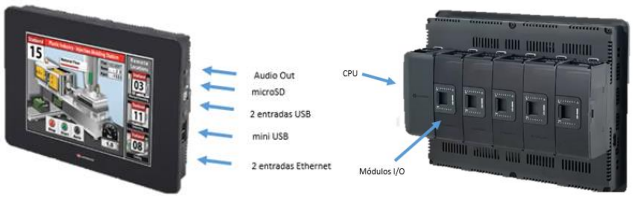


Figura 8 Vista frontal y trasera del UniStream modular.

Como ya se tiene el software Unilogic instalado [10] se realiza el programa de control para el sistema de monitoreo, utilizando el lenguaje escalera para la activación de las alarmas y desactivación del contactor para el suministro de energía.
En la Tabla 1 se muestran los límites de valores de voltaje AC y corriente AC que se establecieron para el sistema de monitoreo y control eléctrico.

Tabla 1. Límites de valores de voltaje AC y corriente AC

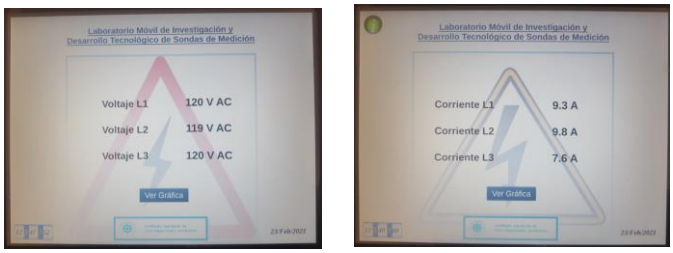
Valores de voltaje (VAC)	Alarmas
99 a 111	Verde
111 a 125	Ambar
125 a 139	Rojo

Valores de corriente (A)	Alarmas
1 a 11	Verde
11 a 15	Ambar
15 a 30	Rojo

***4.- Visualización de los datos*.** Las interfaces hombre-máquina (HMI) se realizan para visualizar la información que el operador requiere. La Figura 9, muestra la interfaz del usuario para elegir la señal eléctrica a monitorear voltaje o corriente. Cada ícono traslada a otra interfaz de medición de cada señal eléctrica respectivamente que desea monitorear.

Figura 9 Interfaz del usuario para elegir la señal a monitorear

Si el usuario presiona el ícono de voltaje, se muestra otra interfaz con los datos de voltaje en cada línea, Figura 10 a). Si el usuario presiona el ícono de corriente, se muestra otra interfaz con los datos de corriente en cada línea, Figura 10 b).



a) b)

Figura 10 Interfaz de señal eléctrica voltaje y corriente

Finalmente, en cada interfaz se muestran los valores obtenidos in situ de las señales eléctricas voltaje AC y corriente AC.

4. SUMINSTRO DE ENERGÍA PARA EL LABORATORIO MÓVIL.

El sistema de monitoreo y control eléctrico se aplicará a un desarrollo tecnológico del ININ cuyo objeto es el realizar servicio de muestreo y medición en sitio para el análisis de contaminantes en el aire, agua o suelo y/o radiaciones ionizantes.
Para el buen funcionamiento del laboratorio móvil es importante monitorear y controlar las señales eléctricas de voltaje AC y corriente AC para la protección del equipo que se encuentra en el interior del laboratorio móvil que se muestra en la Figura 11.

*Figura 11 Interior del Laboratorio Móvil [*15*]*

En el interior del laboratorio móvil se encuentra el equipo de medición de variables, una pantalla y un rack. Dentro del rack a la derecha se observa el controlador UniStream con la HMI donde se visualizarán las alarmas del sistema de monitoreo que son las mismas que se muestran en la pantalla.
El Laboratorio Móvil utiliza un suministro eléctrico trifásico, el suministro para el laboratorio móvil puede ser tomado desde un tablero eléctrico con la capacidad de corriente suficiente o desde un motogenerador ubicado a varios metros de distancia. El laboratorio móvil tiene en el techo un par de paneles solares, que suministran energia a un cargador de baterias, las baterias

suministran energia a un inversor de voltaje. El inversor de voltaje proporciona energía a un UPS.

El arreglo de suministro con panel solar permite operar al controlador aún cuando no se tenga ningún suministro eléctrico.

Una vez conectado el sumnistro eléctrico al Laboratorio Móvil el controlador verificará los niveles de voltaje AC y corriente AC mostrados en la Tabla 1. Si el controlador detecta el rango de 99 – 111 VAC y de 1 – 11 AAC, activará la alarma verde indicando que está en fucnionamiento óptimo. Para el rango de 111 – 125 VAC y de 11 – 15 AAC, activará la alarma ámbar indicando que hay una pequeña alteración en las variables eléctricas, aunque sigue fucnionando. Sin embargo, para el rango de 125 – 139 VAC y de 15 – 30 AAC, activará la alarma roja indicando que las variables sobrepasaron el rango desenergizando la bobina del contactor trifásico que suministra energía al tablero general del laboratorio móvil.

Tambien cuenta con botones de paro de emergencia, uno instalado en la sala del operador y el otro en la sala de equipo de los analizadores. Estos botones se encuentran conectados en serie a la bobina del contactor termomagnético que interumpen la alimentación eléctrica.

La Figura 12 muestra los contactores trifásicos donde estarán conectados los sensores de voltaje AC y corriente eléctrica AC.

Figura 12 Contactores trifásicos

La interfaz de alarma alerta mediante sonido al operador de posibles riesgos provocados por algún parámetro fuera de los límites establecidos y cuenta con botones virtuales y físicos de paro de emergencia para el control del corte/suministro de energía eléctrica al interior del Laboratorio Móvil.

La Figura 13 muestra la conexión física de los sensores, los circuitos de control, un controlador, las alarmas, fuentes de voltaje para alimentación de los circuitos de control y controlador. Demostrando el funcionamiento de la activación física de las alarmas cuando sobrepasa los valores preestablecidos en la tabla1.

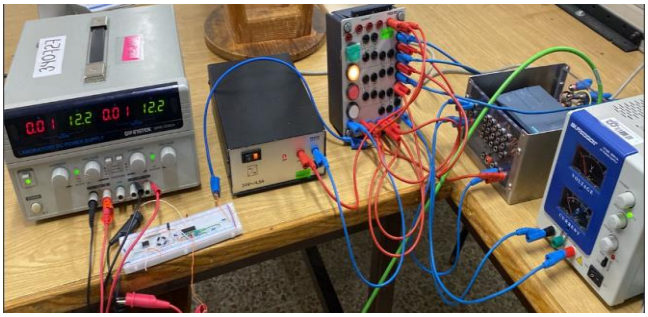


Figura 13 Conexión física de activación de alarmas

En la Figura 14 se muestra la interfaz en la HMI del controlador donde el usuario visualizará de forma gráfica el

comportamiento de los valores que se van a obtener mientras se realice el monitoreo y control del suministro de energía.
También visualizará la activación de lámparas en tres colores que representan los 3 rangos de valores establecidos en la Tabla1.

Figura 14 Interfaz de activación de alarmas

Si no hay suministro de energía las 3 lámparas están apagadas y la gráfica muestra una línea recta.

5. CONCLUSIONES.

La aplicación de sistemas de monitoreo protege a los equipos de medición de control, así como al suministro de energía para reducir accidentes.
Con la metodología presentada en este artículo, ayudará al operador a detectar las fallas de suministro de energía de una forma rápida y responder de forma inmediata y segura para protección de su persona y del laboratorio móvil.
El sistema de monitoreo y control permite cortar el suministro eléctrico de manera manual y automática cuando se excede de los límites preestablecidos en la Tabla 1.
Con esto se ha logrado salvaguardar el estado de los equipos de medición de gases ambientales criterio y no criterio, así como el cromatógrafo de gases acoplado a masas que integran el laboratorio móvil.
El sistema de monitoreo y control de suministro de energía establece interacción amigable e intuitiva con el operador, sencillo de manipular, visualizando de manera In-situ y en tiempo real las mediciones de voltaje AC y corriente eléctrica AC, así como las variables de la estación meteorológica.
Los sensores utilizados en el sistema de monitoreo y control del suministro de energía, tienen sensibilidad y respuesta a las variaciones de voltaje AC y de corriente AC, dando como resultado que los datos obtenidos en el controlador y la respuesta de salida sean efectivos.

5.1. Referencias.

[1] D.A. Londoño, “Monitoreo de variables eléctricas y transmisión a un sistema receptor de manera inalámbrica”, Pereira, Colombia, 2019, 46 páginas.
[2] F.H. Fernández, J.E. Duarte, “Monitoreo de las variables eléctricas relacionadas con un generador trifásico”, Entramado, Vol.10, No.2, julio/diciembre, 2014, pp. 314-321.
[3] R.J. López, R. Quiza, “Sistema para el monitoreo del consumo de energía eléctrica en tiempo real”, Matanzas, Cuba. 2020,
[4] J. Hoyos, “Monitoreo de voltaje, corriente y potencia en tiempo real en una red de distribución”, Pereira, Colombia, 2017, 41 páginas.
[5] E.E. Cruz, J. Rodríguez, “Sistema de monitoreo en tiempo real basado en FPGA para líneas de transmisión”, Pistas Educativas, No. 119, septiembre 2016.
[6] L.D. Murillo, “Aplicación informática para el monitoreo de variables eléctricas, mecánicas y térmicas en motores trifásicos de inducción”, Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI’2014) Excellence in Engineering To Enhance a Country’s Productivity, Guayaquil, Ecuador, 2014, pp. 22 – 24.
[7] R. J. Lindo, “Implementación de un prototipo electrónico de monitoreo y medición del consumo de energía eléctrica de una carga conectada a la línea de tensión secundaria monofásica de una instalación eléctrica residencial”, Managua, Nicaragua, 2016, 122 páginas.
[8] J. Moreno, C. Gómez, M. Morán, S. Toral, A. Vilchis, “Sistema de monitoreo y control de variables remotas a través de internet”, Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica, Memorias, ELECTRO. Chihuahua, México, 2021, pp.143 – 149.
[9] Hardware Unitronics, [en línea] disponible: https://www.unitronicsplc.com/programmable-controllers-unistream-series/, consultada en Julio 2023.
[10] Software Unitronics, [en línea] disponible: https://www.unitronicsplc.com/software-unilogic-for-programmable-controllers/, consultada en Julio 2023
[11] R.E. Quintanilla, “Plataforma IoT para el control y monitoreo de variables físicas con tecnología Open Hardware”, Santa Tecla, La Libertas, El Salvador, 2019, 60 páginas. URI: http://hdl.handle.net/10972/4030.
[12] Sensor de voltaje AC ZMPT101B, [en línea] disponible: https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html, consultada en Julio 2023.
[13] Sensor de corriente SCT013, [en línea] disponible: https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Datasheet_SCT013.pdf, consultada en Julio 2023.
[14] J.F. Suárez, “Monitoreo del estado actual, de un sistema eléctrico de potencia de Laboratorio”, Ibarra, Ecuador, 2023, 102 páginas.
[15] ININ, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, [en línea] disponible: https://www.gob.mx/inin, consultada en Julio 2023.