



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

## VISIÓN ELECTRÓNICA

Algo más que un estado sólido

<https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>



### Implementación de un sistema de detección de eventos disruptivos y gestión de alertas en una red eléctrica

*Implementation of a system for detecting disruptive events and managing alerts in an electrical network*

*Lizeth Stefanny Leyva Gutierrez<sup>1</sup>, Darin Jairo Mosquera Palacios<sup>2</sup>*

#### Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de adquisición de movimientos disruptivos y emisión de alarma en una red eléctrica. Este proceso se deriva del proyecto de investigación “GESTIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS (DER) Y MONITOREO DE SEÑALES SÍSMICAS EN SITUACIÓN DE DESASTRES” en el grupo de investigación Gcem. Se implementó un sistema por medio del dispositivo embebido, permitiendo un acceso remoto, facilitando la escalabilidad del sistema, obteniendo datos verídicos y confiables para el posterior análisis de los registros. La investigación tuvo como resultado un dispositivo capaz de detectar variables de aceleración inercial y velocidad angular, además de la ubicación actual, estos datos se alojan en la base de datos y son visualizados de manera gráfica, emitiendo una alerta ante un movimiento abrupto en un elemento de la red eléctrica, advirtiendo oportunamente al Operador de Red de Distribución (DNO) sobre la falla presentada, identificando los elementos más críticos y así asignarle

<sup>1</sup> Estudiante de Tecnología en electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. E-mail: [lizeth.leyva15@gmail.com](mailto:lizeth.leyva15@gmail.com), [lsleyvag@correodistrital.edu.co](mailto:lsleyvag@correodistrital.edu.co)

<sup>2</sup> Director del proyecto. Ingeniero en sistemas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Magister en Teleinformática. Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. E-mail: [djmosquerap@udistrital.edu.co](mailto:djmosquerap@udistrital.edu.co)

mayores recursos para minimizar la vulnerabilidad de la red eléctrica. Este dispositivo es una excelente alternativa para la solución de los problemas de interdicción<sup>3</sup> a los que está expuesta la red eléctrica.

**Palabras clave:** Elementos críticos, Evento Disruptivo, DNO, Gestión de Alerta, Monitoreo, Sistema de detección, Red eléctrica.

### **Abstract**

This paper presents the development of a system for disruptive motion acquisition and alarm emission in a power grid. This process is derived from the research project "MANAGEMENT OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES (DER) AND MONITORING OF SEISMIC SIGNALS IN DISASTER SITUATION" in the research group Gcem. A system was implemented through the embedded device, allowing remote access, facilitating the scalability of the system, obtaining accurate and reliable data for the subsequent analysis of the records. The research resulted in a device capable of detecting variables of inertial acceleration and angular velocity, in addition to the current location, these data are stored in the database and are displayed graphically, issuing an alert to an abrupt movement in an element of the electrical network, timely warning the Distribution Network Operator (DNO) about the fault presented, identifying the most critical elements and thus allocating more resources to minimize the vulnerability of the electrical network. This device is an excellent alternative for the solution of interdiction<sup>3</sup> problems to which the electrical network is exposed.

**Keywords:** Critical Elements, Disruptive Event, DNO, Alert Management, Monitoring, Detection System, Power Grid.

---

<sup>3</sup> Consiste en detener, generalmente con el uso de la fuerza, algún elemento que esté fluyendo desde un lugar hasta algún otro lugar en un sistema determinado.

## 1. Introducción

En las redes eléctricas se pueden presentar contingencias en parte de su infraestructura, estas pueden ser; contingencia deliberada, es una acción en la que interaccionan un agente disruptor<sup>4</sup> y el operador de red, el primero tiene como objetivo maximizar el daño producido a la red y el DNO tiene la función de minimizar el tiempo de interrupción y el costo de racionamiento [1,2], o contingencia aleatoria, que puede ser ocasionada por desastres naturales, movimientos disruptivos, contingencias de operación o por ciberataques.

Colombia es un país constituido por una amplia diversidad geológica, su ubicación, en la esquina “noroccidental” de Suramérica, le proporciona una complejidad geológica muy alta debido a la interacción de placas tectónicas Suramericana, Nazca y Caribe, y la influencia del cinturón de fuego del pacifico [3], todos estos se manifiestan en una importante actividad sísmica, por lo que las amenazas de origen geológico, por ciberataques, ataques deliberados y demás afectaciones por movimientos disruptivos a los que están expuestos los elementos, la infraestructura y sistemas de una red de distribución eléctrica pueden propagarse causando grandes pérdidas económicas e interrupción del servicio (empresas industriales, hospitales o zonas residenciales).

Debido a la variabilidad del comportamiento de los movimientos disruptivos, que en muchos casos son locales y que se desarrollan en escalas y tiempo reducidos, además de que las redes de transmisión presentan topologías complejas, en donde las características del componente de la red podrían coincidir con diferentes puntos de un mismo sistema, es de gran importancia el diagnóstico de fallas disruptivas en dichos elementos, incluso en las redes de media tensión [4], para una sociedad en donde la energía eléctrica es indispensable en las

---

<sup>4</sup> Del inglés Disruptive, se refiere a lo que produce una interrupción brusca, o a un cambio determinante.

actividades del ser humano, donde lo que se busca es disminuir las pérdidas o daños de los recursos de sistema para la prestación del servicio.

Se implemento un dispositivo de monitorización por medio del sistema embebido Raspberry Pi, junto con sensores IMU y GPS utilizados para la lectura de variables de aceleración inercial, velocidad angular y ubicación actual, estos datos se alojan en una base de datos relacional (MariaDB) y son visualizados de manera gráfica en la aplicación web Grafana, en donde se emite una alerta ante un movimiento abrupto en un elemento de la red eléctrica y se monitorea en estado de consumo de recursos del sistema embebido, además cuando el dispositivo deje de alimentarse de la red eléctrica, sigue funcionando con un sistema de respaldo de energía, implementado con un Rpi PowerPac.

## **2. Antecedentes**

Este artículo comienza exponiendo algunos casos de estudio, algunos dispositivos que utilizan sensores para la lectura de las variables de posición, desplazamiento o aceleraciones, visualizando estos datos en una pantalla o como almacenamiento en memoria y se presentan a continuación: Para la construcción y prueba de un sensor sísmico en edificaciones [5] se utiliza un Arduino Mega y una red de acelerómetros basados en la tecnología Mems, se destaca el uso de acelerómetro BMA180 como el que mejores resultados entrega, por sus filtros integrados. En segunda medida, el dispositivo de adquisición señales de aceleración sísmicas implementada con una tarjeta Arduino Mega 2560, acompañado de un módulo IMU y un GPS NEO [6], se obtienen datos que son registrados en una tarjeta Micro SD que se utiliza como medio de almacenamiento en archivos de texto.

La placa Raspberry Pi como el microprocesador central, en donde se visualizan los datos que se están registrando en tiempo real, se utiliza en el digitalizador sísmico de cuatro canales [7], dispositivo que se conecta a Internet usando comunicación RJ-45, lo que permite compartir la información de los datos adquiridos y una aplicación web que sirve como interfaz remota entre el digitalizador y el usuario, es un dispositivo similar al digitalizador "Basalt-Kinematics". Como segundo dispositivo de este tipo, el diseño de una antena sísmica formada por redes de sensores inalámbricos [8], que permite establecer cualquier topología de array, eliminando la necesidad de interconexión mediante cables, visualizando los datos que se están registrando a través de una página web y de una aplicación de mensajería instantánea, empleando módulos comerciales inalámbricos Xbee PRO. Por último, el prototipo de hardware para la alerta sísmica temprana local [9], en el marco del proyecto ALERTES RIM, es un prototipo de hardware capaz de detectar y analizar las ondas primarias de un sismo y determinar de forma temprana un nivel de alerta.

El problema de discontinuidad en la distribución de la energía eléctrica se trabaja en un prototipo que permite detectar la falta de fluido eléctrico [10], emitiendo una alarma por medio de comunicación inalámbrica gsm/gprs para el centro de control de la empresa Emelnort S.A. con el fin de valorar los costos que provoca la interrupción en suministro. En el grupo de investigación ARMOS-Universidad Distrital se implementaron medidores electrónicos [11] que permitieron un esquema de regulación y registro en las redes de distribución, mitigando la incidencia de factores como discontinuidad.

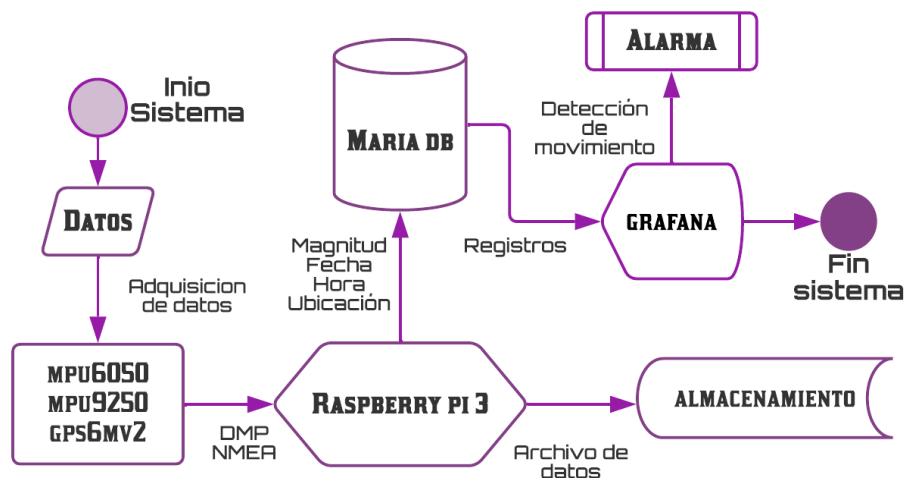
Por otro lado, en las redes del sistema interconectado nacional [12], que son un conjunto de líneas y subestaciones, equipos e interconexiones internacionales, que transportan la energía desde las plantas de generación a las subestaciones de transformación y finalmente al consumidor final, están conformados por un sistema interconectado de transmisión de energía

eléctrica, compuesto por líneas, con módulos de conexión que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV y el sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica compuesto por redes regionales o interregionales de transmisión; que conforman un conjunto de líneas y subestaciones con sus equipos, operando a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local. En este artículo se muestra detalladamente el desarrollo del dispositivo y herramientas que se usaron para su implementación, así como la descripción de los resultados obtenidos y las posibles mejoras. Se organiza; como primera instancia se establece la descripción de la alternativa y el desarrollo, posteriormente se establecen los resultados, seguido de las conclusiones.

### 3. Desarrollo

Para el desarrollo de este dispositivo se diseña un diagrama del sistema implementado en la figura 1 para registrar y monitorear las variables (cambios de velocidad angular y aceleración) que permiten identificar un movimiento o un cambio de posición, y se organiza:

**Figura 1.** Diagrama de solución para el dispositivo de monitoreo.



Fuente: Elaboración propia

- **DATOS Y SENSORES:** En el registro de los cambios de velocidad angular y aceleración se utiliza una “unidad de medida inercial”, específicamente el sensor MPU-6050 que combina un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes, que acceden a magnetómetros externos a través del bus I2C con una longitud de 16 bits, además cuenta con un rango de escala de giroscopio programable de  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$  y  $\pm 2000$  °/seg (dps) y un acelerómetro programable en un rango de  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$  y  $\pm 16g$  [13], en este caso se utiliza una frecuencia de muestreo de 1KHz para la salida del sensor. Se incluye un segundo módulo (GY-9250) [14] que funciona de forma similar al MPU-6050, sin embargo, incorpora un sensor magnetómetro hasta  $\pm 4800\mu T$ . La utilización de dos sensores del mismo tipo, permiten la comparación y validación de los datos entre sí, estos indican si ocurre algún cambio en el estado de la infraestructura de la torre de energía. Además, se utiliza el sensor Gps6Mv2, que funciona por medio del protocolo NMEA y proporciona tramas de datos de posición geográfica, siendo la configuración GPGLL la que mayor información registra, para este caso se utiliza la longitud y latitud junto con la hora en formato UTF.
- **RASPBERRY PI B+:** Se designó como microprocesador del dispositivo a la placa de uso libre “Raspberry Pi 3 Modelo B” [15], que está compuesta por un procesador ARMv8 de cuatro núcleos de 64 bits a una velocidad de 1.4GHz. Además, incluye 4 puertos USB 2.0, 40 pines GPIO, conexión HDMI, Wifi, Bluetooth 4.2 y Ethernet, lo que facilita el procesamiento, la calibración y manejo de registros de los sensores y datos suministrados por medio de un IDE para el lenguaje de programación Python, la conexión y el manejo de la base de datos, la generación de la alarma y el control de forma remota, además dicho dispositivo cuenta con una interfaz de usuario de uso fácil.
- **MARIADB:** El motor de base de datos en el que son alojados los registros de los sensores es MariaDB Server, que es un motor de base de datos relacionales de código

abierto, es en donde se alojan los registros en diferentes tablas, una para la unidad de medida inercial “Mpu-Gy” con los campos de hora, fecha, giro y aceleración, y una para el sistema de posicionamiento global “GpsTabla” que tiene las columnas de hora, fecha, longitud y latitud, todos estos datos son de tipo FLOAT para los datos y TIMESTAMP para la hora y fecha, todo esto en una base de datos llamada “Monitoreo”, estos registros se pueden consultar con sentencias en lenguaje SQL.

- **GRAFANA Y ALARMA:** La visualización de los datos se implementa en Grafana, que es una herramienta de software libre, está escrito en Lenguaje Go y Node.js LTS, en el que se configura el servidor de DB como la fuente de la información. Se configuran las características de los dashboard y se establecen las alarmas que se van a emitir a los correos configurados, inmediatamente después de un movimiento fuerte que se haya registrado.

Se realiza el ajuste del dispositivo con una conexión remota por medio de VNC-Connect, que es un software de pantalla compartida que permite establecer una conexión con un equipo remotamente, además de todos los ajustes previos que requiere el equipo para trabajar óptimamente. Se conectan los dispositivos haciendo uso de la dirección IP que la red local le asigna al microprocesador, se habilita el puerto I2C y Serial inicializando el registro en las direcciones correspondientes junto con la instalación de las respectivas librerías, por último, se configura el protocolo bajo en cual se reciben los registros del GPS, estas conexiones se realizan como se observa en la figura 2.

El funcionamiento básico de los sensores se basa en:

**Acelerómetro:** Mide la aceleración inercial o la variación de la velocidad respecto al tiempo:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$



Esta medida de aceleración, está basada en la aceleración que produciría la gravedad de la tierra en cualquier objeto. Una aceleración de 1g es igual a la gravedad estándar.

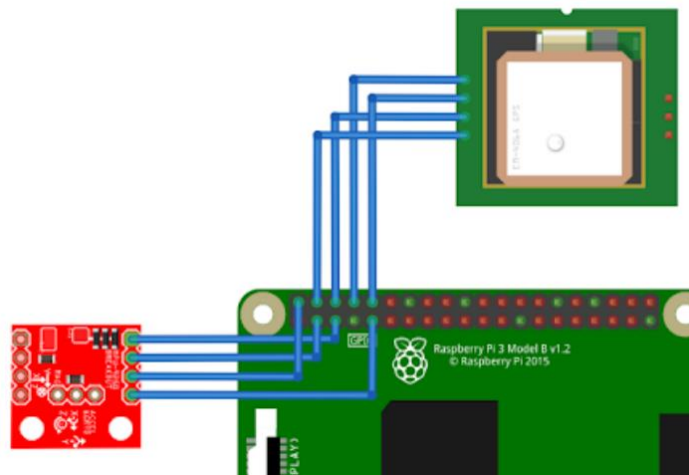
$$1g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

**Giroscopio:** Mide la velocidad angular alrededor de un eje o velocidad de giro, esta se mide en °/s, también se estima como la tasa de cambio de desplazamiento angular:

$$w = \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

La calibración del giroscopio y el acelerómetro se lleva a cabo mediante los registros offset en cada uno de los ejes de aceleración y en estado estático para el giroscopio [14]. Para los rangos de funcionamiento de los 6 ejes, se dividen los registros en constantes definidas para cada escala, en este caso se manejaron las escalas programables de  $\pm 250$  °/s y  $\pm 2g$ .

**Figura 2.** Diagrama de los sensores y Raspberry Pi.



Fuente: Elaboración propia.

Para el cotejo de las dos unidades de medición inercial, se realiza la toma de medidas y se promedian los resultados arrojados por cada uno de los sensores IMU en estado de reposo, en la tabla 1 se muestran los resultados.

**Tabla 1.** Comparación de valores promedio MPU-6050 y IMU9250.

	<b>MPU 6050</b>	<b>IMU 9250</b>
<b>Giro X</b>	0,0760	3,6696
<b>Giro Y</b>	-0,1180	0.3745
<b>Giro Z</b>	0,0420	0.8615
<b>Aceleración X</b>	1,0340	0.000
<b>Aceleración Y</b>	-0,0780	0.0145
<b>Aceleración Y</b>	-0,1780	1,0147

Fuente: elaboración propia.

Una vez realizadas las configuraciones para inicializar el módulo GPS NEO-6M-V2 y seleccionar el tipo de coordenadas que utilizan una velocidad de 9600 baudios mediante el protocolo NMEA, las cuales son sentencias estándares para la recepción de datos GPS, se establece un proceso de lectura para realizar la publicación en una tabla de la base de datos.

**Figura 3.** Interfaz gráfica de datos en tiempo real.



Fuente: Elaboración propia.

Estructurando los datos para mostrar los resultados, se hace la vinculación del motor de base de datos al software Grafana, que se instala en el microprocesador por medio de comandos, se habilita su funcionamiento y se hace el proceso de vinculación de las tablas. Además, se tiene la monitorización del estado de la Raspberry Pi, que registra datos como la temperatura, uso de la CPU y ocupación de memoria.

**Tabla 2.** Correlación de la aceleración con Escala de Mercalli

Escala Mercalli	Percepción Temblor	Aceleración sísmica
I	No apreciable	< 0,0017
II- III	Muy Leve	0,007- 0,014
IV	Leve	0.014 - 0.039
V	Moderado	0.039 - 0.092
VI	Fuerte	0.092 - 0.18
VII	Muy fuerte	0.18 - 0.34
VIII	Severo	0.34 - 0.65
IX	Violento	0.65 - 1.24
X	Extremo	> 1.24

Fuente: Elaboración propia.

La configuración para la generación de la alarma, se lleva a cabo en Grafana, en dos casos particulares; la primera se genera en caso de un corte de luz o en su defecto el dispositivo deja de funcionar, el segundo se presenta ante un movimiento brusco, mayor al umbral que se estableció según las pruebas que se realizaron en diferentes estados (tabla 3), teniendo en cuenta una escala de referencia para relacionarlos a un nivel de movimiento con respecto al simulado, usando la escala de Mercalli modificada, ya que sus niveles tienen una relación directa con valores de aceleración como se muestra en la tabla 2, por lo tanto, se estableció una alerta cuando se registren valores de aceleración sísmica de  $\pm 0.04g$  en 'X' y 'Y', así como también en  $\pm 5$  % Los mensajes de alerta llegan instantáneamente a el correo electrónico que se registró para el monitoreo.

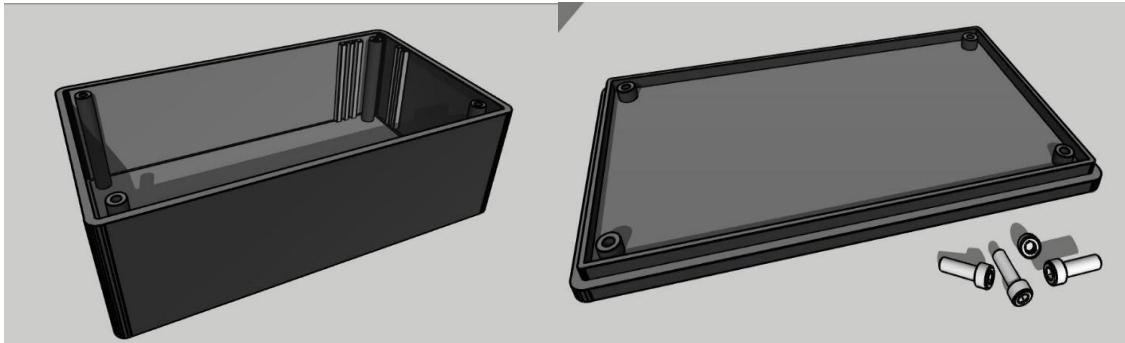
**Tabla 3.** Mediciones de aceleraciones y giros en diferentes condiciones

<b>Acelaciones y Giros en estado de reposo</b>					
<b>Gx</b>	<b>Gy</b>	<b>Gz</b>	<b>Ax</b>	<b>Ay</b>	<b>Az</b>
0,07	-0,13	0,04	-0,02	0	-1,15
0,09	-0,11	0,04	-0,02	-0,01	-1,15
0,08	-0,13	0,04	-0,02	0	-1,14
0,06	-0,11	0,05	-0,02	0	-1,15
0,08	-0,11	0,04	-0,02	0,01	-1,15
<b>Acelaciones y Giros en estado de desplazamiento leve</b>					
-3,66	-0,64	-6,24	-0,04	0,19	-1,12
3,6	-0,03	-9,88	-0,07	0,33	-1,22
0,95	-1,24	-4,75	-0,09	-0,03	-1,1
2,35	2,04	8,05	-0,18	0,12	-1,07
0,95	-6,12	-6,17	-0,14	0,03	-1,19
<b>Acelaciones y Giros en estado de desplazamiento fuerte</b>					
5,46	-3,45	-9,88	0,3	-0,9	-1,2
-10,55	4,54	-10,74	0,25	-0,42	-1,03
22,23	-3,89	-11,55	-0,3	0,26	-1,39
-3,73	8,15	9,24	-0,15	-0,7	-0,75
-11,85	4,93	-7,58	0,24	-0,44	-0,78

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para la alojar los dispositivos electrónicos y evitar cualquier tipo de sulfatación, humedad o daño por los factores ambientales que puedan afectar el funcionamiento del dispositivo, se implementaron dos estructuras de polímero que forman una caja de 19,5cm x 11cm x 6.5cm la primera de ellas tiene una forma rectangular con los espacios necesarios para los tornillos y los agujeros necesarios para el aseguramiento de cada estructura, la segunda es la tapa superior mediante la cual se sella totalmente el dispositivo y con el uso de resina epoxi, para sellar todos los agujeros y evitar la entrada de agua. Como respaldo de energía, se dispone el microprocesador junto con el dispositivo de respaldo de energía UPS Rpi PowerPac, el cual tiene un tiempo de autonomía cercano a las 9 horas.

**Figura 4.** Estructura mecánica.

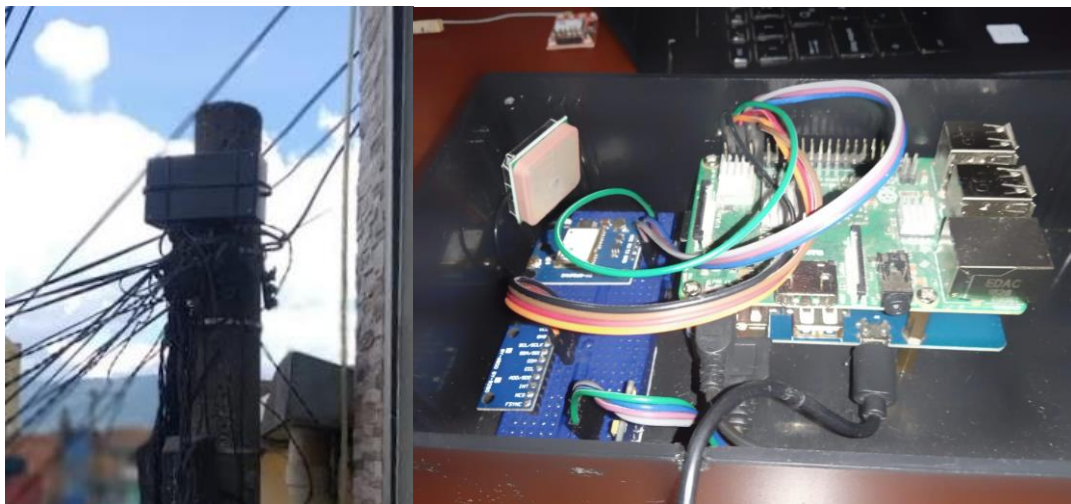


Fuente: elaboración propia

#### **4. Resultados y/o Discusión**

La intención principal del proyecto es construir una herramienta que le permita al DNO monitorear la infraestructura de la red eléctrica y recibir alarmas ante cualquier falla disruptiva, sin embargo, para realizar las pruebas y observar el comportamiento del dispositivo, se dispone en un poste de distribución de servicios públicos (internet y telefonía). Se realiza el ajuste al poste con agarraderas plásticas para asegurar correctamente el dispositivo como se aprecia en la figura 5.

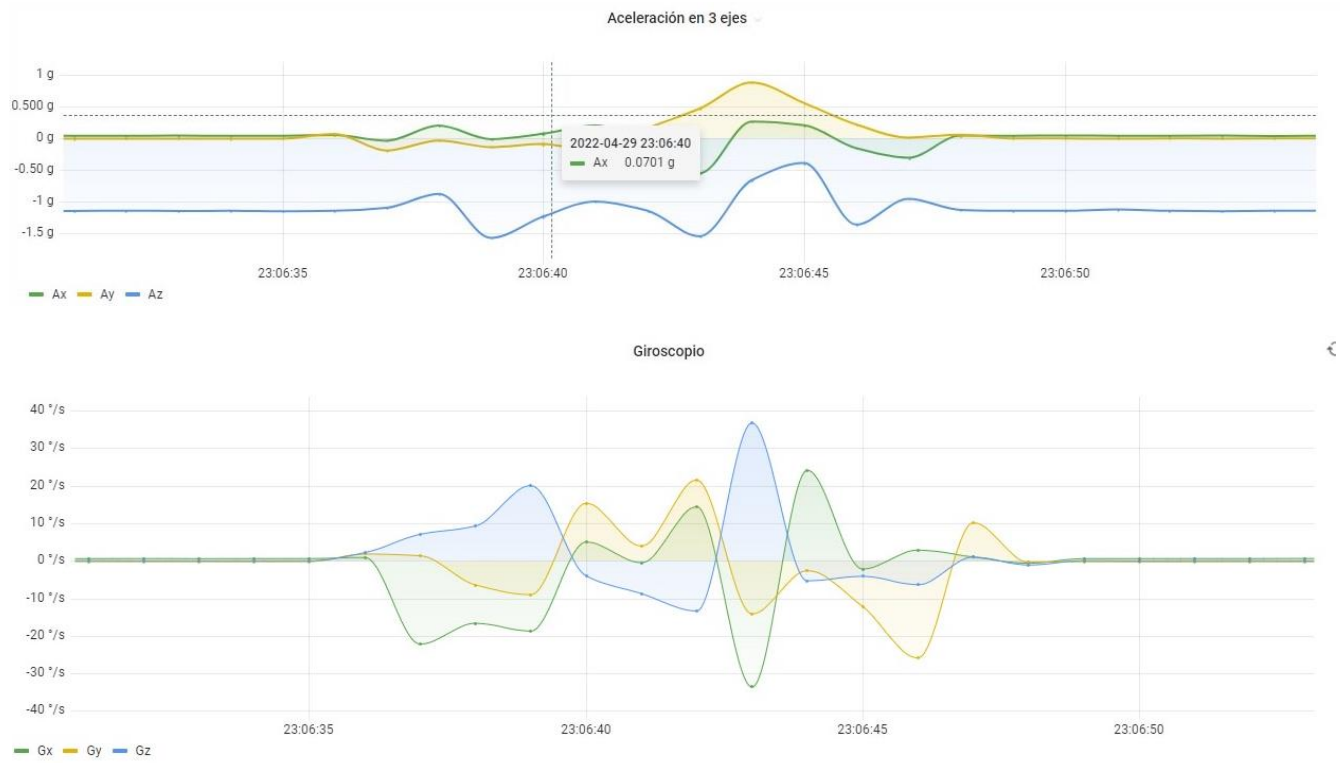
**Figura 5.** Dispositivo dispuesto para pruebas.



Fuente: elaboración propia

En el monitoreo de la Raspberry Pi se realizó una integración con un nodo directamente de Linux a Grafana, en donde está configurada la visualización a tiempo real de datos propios del dispositivo, tales como procesos y tareas. Para los datos del sensor, se diseñaron dos paneles principales de los valores de aceleración y giro en el dispositivo (figura 6), para los valores en estado de reposo o cuando no se detecte ningún movimiento.

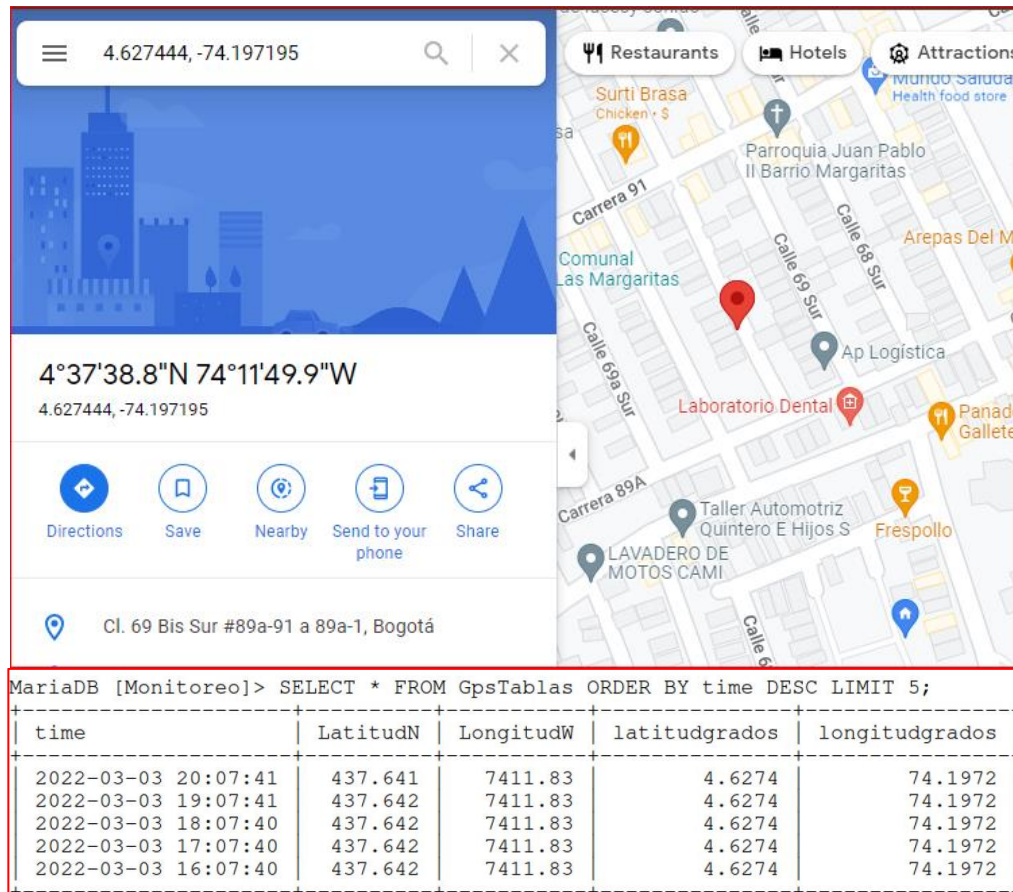
**Figura 6.** Monitorización en estado de reposo.



Fuente: elaboración propia

La configuración del módulo Gps, proporciona datos en grados, minutos y segundos que hay con respecto al paralelo de Ecuador para la latitud, y con respecto al meridiano de Greenwich para la longitud. La ubicación del lugar de referencia se muestra en Google Maps junto con los datos consignados en la figura 7.

**Figura 7.** Ubicación en Maps y Coordenada proporcionada por Gps.



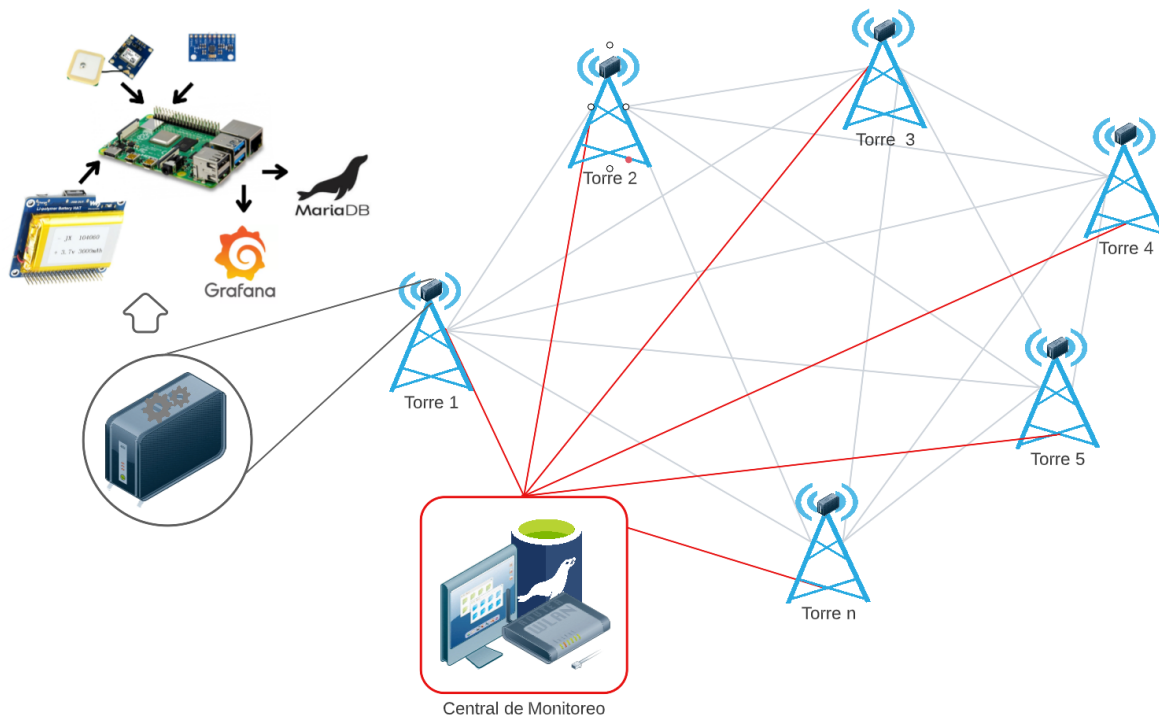
Fuente: elaboración propia

## 5. Trabajo Futuro

En el presente trabajo se propuso un modelo de monitorización en donde se establece un sistema conformado por un numero de torres interconectadas en red la eléctrica, considerando los procesos ya mencionados y teniendo en cuenta el planteamiento del problema, se supone una central de monitoreo en la cual estará hospedado el equipo y el enrutador desde donde se realiza el acceso a cada dispositivo con comunicación SSH y la visualización de las métricas, considerando que cada dispositivo deberá estar conectado en la misma red LAN por lo que se debe estimar la distancia entre la base de monitoreo y cada punto a monitorear para

asegurar el buen funcionamiento de la red de monitoreo, sin fallas por mala calidad de la conexión. La representación gráfica del modelo a implementar se establece en la siguiente figura.

**Figura 8.** Diagrama de planteamiento del sistema de monitoreo.



Fuente: elaboración propia

## 6. Conclusiones

- El sistema de monitoreo permite un acceso remoto, facilitando la escalabilidad del sistema, obtiene datos verídicos, estables y confiables para un posterior análisis de los registros y su monitorización, la adecuación del sistema de respaldo de energía permite un funcionamiento ininterrumpido. El objetivo principal del presente proyecto era implementar un dispositivo capaz de monitorear las señales de movimiento en un elemento de la red eléctrica y emitir una alarma que puede advertir al DNO sobre los cambios en el estado de las variables que se monitorean en el dispositivo.



- El dispositivo realizado es una excelente alternativa para la solución de los problemas de interdicción a los que está expuesta la red eléctrica de transmisión en un país como Colombia, que presenta una alta actividad sísmica, advirtiéndole oportunamente al DNO sobre la falla presentada, permitiéndole identificar los elementos más críticos, ya que la alerta oportuna permite asignarle mayores recursos y minimizar la vulnerabilidad de la red, todo esto para evitar la generación de daños o sobrecostos ante cualquier evento de este tipo.
- Se debe tener en cuenta que los registros de los datos están alojados localmente y la herramienta de visualización es accesible en un localhost, por lo que sería pertinente montar estos datos a un servidor web público, con el fin de que cualquier usuario pueda visualizar dicha información desde cualquier lugar, sin necesidad de estar conectado a la misma LAN de la central de monitoreo.

## Referencias

- [1] J. Cortina, J. López-Lezama, And N. Muñoz-Galeano, “Metaheurísticas Aplicadas Al Problema De Interdicción En Sistemas De Potencia,” *Inf. Tecnológica*, Vol. 29, No. 2, Pp. 73–88, Mar. 2018, Doi: 10.4067/S0718-07642018000200073.
- [2] C. A. Mora, “Problema De Interdicción De La Red Eléctrica.” Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, D. C., P. 16, 2020, [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1qyg7pvhy1dndz9sgr0qug4ldnyzmpi5-/view?usp=sharing>.
- [3] B. Mundial And Colombia, *Análisis De La Gestión Del Riesgo De Desastres En Colombia, Primera*. Bogotá, D. C.: Equilatero, 2012.
- [4] V. A. Gómez, R. A. Peña, And C. Hernández, “Identificación Y Localización De Fallas En Sistemas De Distribución Con Medidores De Calidad Del Servicio De Energía Eléctrica,” *Inf. Tecnol.*, Vol. 23, No. 2, Pp. 109–116, 2012, Doi: 10.4067/S0718-07642012000200013.
- [5] F. Olivari, “Diseño, Construcción Y Prueba De Un Sensor Sísmico Para Edificaciones.” Valparaiso, Nov. 2017, Accessed: Nov. 11, 2020. [Online]. Available: [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-2500/Ucc2795\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-2500/Ucc2795_01.pdf).

- [6] C. Bonilla And Y. Gonzales, "Dispositivo De Adquisición De Señales Sísmicas", *Visión Electrónica*, 2019, Accessed: Nov. 11, 2020. [Online]. Available: <Http://Repository.Udistrital.Edu.Co/Bitstream/11349/22441/1/Bonillaseguracamilaalejandra2019.Pdf>.
- [7] F. Torres And K. Chaca, "Diseño E Implementación De Un Digitalizador Sísmico De 4 Canales Con Acceso Ip," Universidad De Cuenca, 2015.
- [8] D. García, J. Rio, D. Toma, And M. Blanco, "Array Sísmico Inalámbrico Y De Parámetros Ambientales Para La Caracterización De Precursores De Actividad Volcánica," *Universitat Politecnica De Catalunya*, 2017.
- [9] Á. Herrera, "Prototipo Hardware De Bajo Coste Para La Alerta Sísmica Temprana Local," 2016.
- [10] G. Martinez, "Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Detección De Fallas Serie Para Disminuir El Tiempo De Interrupciones En El Sistema Eléctrico De Distribución," *Escuela Politécnica Nacional*, 2019.
- [11] V. A. Gómez, R. A. Peña, And C. Hernández, "Identificación Y Localización De Fallas En Sistemas De Distribución Con Medidores De Calidad Del Servicio De Energía Eléctrica," *Inf. Tecnol.*, Vol. 23, No. 2, Pp. 109–116, 2012, Doi: 10.4067/S0718-07642012000200013.
- [12] "Redes Sin", Xm, 2020, Accessed: Dic. 9, 2020. [En línea]. Available: <Https://Www.Xm.Com.Co/Paginas/Transmision/Redes-Sistema-Interconectado-Nacional.AspX>.
- [13] R. Chokshi, "MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.0 MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions," MPU-6000 MPU-6050 Regist. Map Descr., vol. 1, no. 408, p. 48, 2012. N. Wolfberg, "Storage and retrieval for image and video databases", *SPIE Proceedings*, pp. 27-32, 1993.
- [14] InvenSense Inc., "MPU-9150 Register Map and Descriptions," vol. 1, no. 408, pp. 1–52, 2013.
- [15] "Raspberry pi foundation", [Raspberrypi.org](https://www.raspberrypi.org), 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org>.