



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3451

**Sistemas de telemetría y teleoperación en tiempo real
usando VPS y API Fetch. Caso de estudio: variables eléctricas
de una casa habitación**

Benjamín Vázquez Martínez

bvazquezm2100@alumno.ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1345-5069>

Instituto Politécnico Nacional - CDMX

Pedro Guevara López

pguevara@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5373-1403>

Instituto Politécnico Nacional - CDMX

Leobardo Hernández González

lhernandezg@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8570-5848>

Instituto Politécnico Nacional - CDMX

Jazmín Ramírez Hernández

jramirezhe@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4487-5047>

Instituto Politécnico Nacional - CDMX

José David Muñiz Elizalde

jose.me@tlahuac.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8407-4418>

Tecnológico Nacional de México – CDMX

RESUMEN

La operación y monitoreo en tiempo real de las variables eléctricas que se presentan en una casa habitación es posible midiendo y analizando el comportamiento de los tiempos que intervienen en cada proceso del sistema, esto permitirá un control del consumo energético y la simulación de actividad en un hogar. En este artículo se describe la construcción de un sistema de monitoreo de valores RMS, utilizando tecnologías modernas para sistemas de interfaz WEB, procesamiento en el servidor y comunicación entre ellos. Además, se realiza el estudio del comportamiento de las cargas eléctricas comunes en una casa habitación y su desgaste energético, el cual puede ser corregido para aprovechar al máximo la energía que consume el usuario final.

Palabras clave: telemetría; teleoperación; tiempo real; VPS; API fetch.

Correspondencia: bvazquezm2100@alumno.ipn.mx

Artículo recibido 10 agosto 2022 Aceptado para publicación: 10 septiembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Vázquez Martínez, B., López Guevara, P., Hernández González, L., Ramírez Hernández, J., & Muñiz Elizalde, J. D. (2022). Sistemas de telemetría y teleoperación en tiempo real usando VPS y API Fetch. Caso de estudio: variables eléctricas de una casa habitación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4967-4987.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3451

Real-time telemetry and teleoperation systems using VPS and API fetch. Case study: electrical variables of a residential house

ABSTRACT

Operation and monitoring in real-time of the electrical variables that occur in a house, is possible by measuring and analyzing the behavior of the times involved in each process of the system, this will allow control of energy consumption and simulation of activity in a home. This article describes the construction of a monitoring system of RMS values, using modern technologies for WEB interface systems, server processing and communication between them. In addition, a study of the behavior of common electrical loads in a house and their energy consumption, which can be corrected to make the most of the energy consumed by the end user, is carried out.

Keywords: *telemetry; teleoperation; real-time; VPS; API fetch.*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Dodge, 2011), la telemetría tiene la capacidad de captar las características de un objeto (variables físicas), procesarlas y enviarlas mediante medios inalámbricos a algún lugar lejano al mismo, para ser almacenadas y analizadas. Además, los datos pueden ser servidos al cliente en cualquier momento para su interpretación. Un sistema en tiempo real (STR) se obtiene como resultado de un sistema telemétrico para la administración de procesos de forma remota. Una condición importante, es que los sistemas en tiempo real deben cumplir con ciertas características por encima de los demás sistemas (José de Jesús Medel Juárez, 2007): Puntualidad, soporte para carga pico, predecibilidad, tolerancia a fallos, accesibles para mantenimiento, conversión de valores A/D y D/A, soporte de concurrencia, manejo de prioridades. Siguiendo este contexto, en este artículo se describe la creación de un sistema de telemetría y teleoperación en tiempo real (ver Figura 1) creado con herramientas modernas con ayuda de un VPS (Virtual Private Server) como servidor alojado en la ciudad de Nueva York y utilizando como medio de transporte para los datos el internet. Además, se presenta el desarrollo para la obtención de las mediciones de variables físicas de una instalación eléctrica. Donde sus tiempos están representados de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}r_K &= \textit{Tiempo de respuesta (ms)} \\ TT1_K &= \textit{Tiempo de transmisión 1 (ms)} \\ TT2_K &= \textit{Tiempo de transmisión 2 (ms)} \\ TR1_K &= \textit{Tiempo de recepción 1 (ms)} \\ TR2_K &= \textit{Tiempo de recepción 2 (ms)} \\ D_K &= \textit{Plazos (ms)}\end{aligned}$$

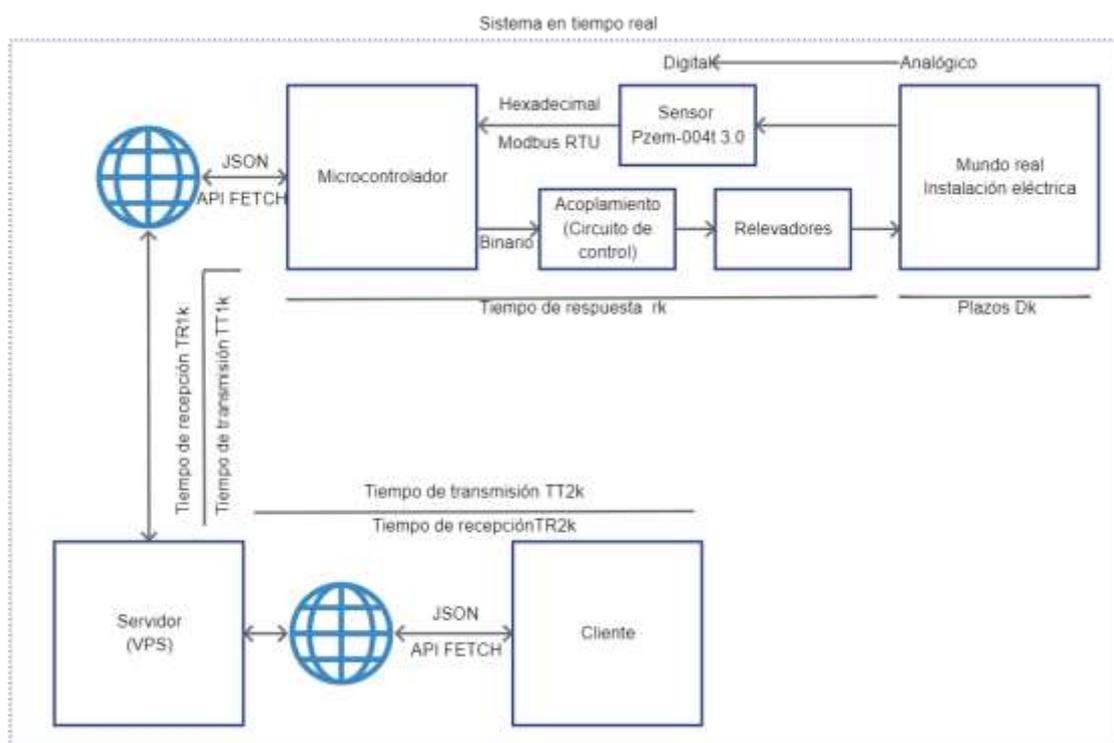
Por lo tanto, se puede decir que:

$$r_K + TT1_K + TT2_K + TR1_K + TR2_K = D_K \quad (1)$$

Tomando en cuenta el peor caso (worst case) para los tiempos de transmisión, recepción y tiempo de respuesta se describe:

$$\max(r_K + TT1_K + TT2_K + TR1_K + TR2_K) = D_K \quad (2)$$

Figura 1.- Esquema de comunicaciones del sistema en tiempo real



Según (VIVIANA, 2021) API Fetch genera una interfaz JavaScript en el que se puede acceder y manipular partes del canal HTTP, tales como peticiones y respuestas. Para cada solicitud se debe de obtener una respuesta ya sea de error o de éxito. Según (Hosting Red, 2022) un VPS (Servidor Virtual Privado) es una partición virtual de un servidor físico con una dirección IP dedicada para su comunicación con recursos exclusivos a cada partición. Su dirección IP única otorgan acceso raíz que permite instalar un sistema operativo y realizar tareas como cualquier servidor. Este servidor tiene las mismas funcionalidades que un servidor dedicado, corre su propia copia del sistema operativo, teniendo total acceso para instalar cualquier tipo de software. De acuerdo con (Luis Chamba-Erasa, 2016) usabilidad es un atributo que mide la facilidad para el uso de aplicaciones WEB, con una alta facilidad donde el usuario pueda interactuar y acoplarse de forma rápida a la interfaz hombre-maquina, entre los componentes más importantes son: Facilidad de aprendizaje (learnability) y Facilidad de ser recordado (memorability). Apoyando a (Macías García) el análisis de la potencia no solo depende de los valores efectivos dejando a un lado el desfase que existe entre el voltaje y la corriente, realmente la potencia se obtiene de la siguiente forma:

$$P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (3)$$

Y se denomina **potencia real** su unidad de medida son los watts. Como la **potencia aparente** (S) es igual a $V_{rms} * I_{rms}$ representados por VA (volt ampere), estos valores pueden ser sustituidos en la expresión para calcular la potencia real como se ve en la ecuación 5.

$$S = V_{rms} * I_{rms} \quad (4)$$

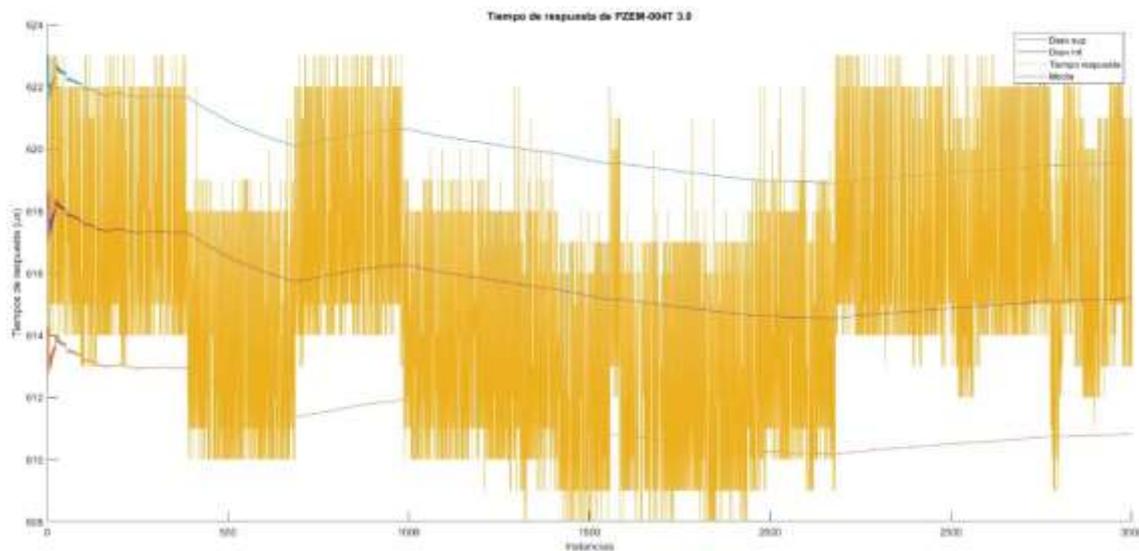
$$P = S \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (5)$$

En tanto a la **potencia reactiva** (Q) su unidad de medida es VAR (volt ampere reactivo) expresada por la ecuación 6, es una potencia que realmente no está siendo consumida por la carga o la instalación, ya que su trabajo útil es igual a 0.

$$Q = S \cdot \sin(\theta_v - \theta_i) \quad (6)$$

METODOLOGÍA

En este apartado se desarrolla el proceso para la creación de un sistema en tiempo real utilizando como medio de transporte de los paquetes de datos el internet, comenzando con la lectura de variables utilizando el microcontrolador ESP8266 y como transductor el módulo pzem-004t 3.0 que realiza la medición de las variables eléctricas de una casa habitación. Como indica el manual del transductor (manuals.plus, 2022) se realizan las conexiones para la lectura de voltaje y corriente por medio del microcontrolador y su programación, se procede a la conexión mediante WIFI y a solicitar los registros guardados en el transductor para continuar enviando los datos en un formato JSON mediante la herramienta API FETCH al VPS. El tiempo que se presenta en este proceso se le conoce como tiempo de respuesta (r_k) y al proceso de muestreo de la señal de voltaje y corriente como los plazos de muestreo (D_k), Es importante conocer los tiempos de respuesta del sistema; por ello se realizan los experimentos adecuados para obtener el tiempo de respuesta (ver Figura2).

Figura 2.- Tiempo de respuesta (r_K)

Como resultado de las instancias obtenidas se considera el peor caso para los tiempos de respuesta del sensor, obteniéndose un valor máximo de:

$$\max(r_K) = 0.623ms$$

Para $TT1_K$, $TT2_K$, $TR1_K$ y $TR2_K$ para análisis del peor tiempo de respuesta WCET (Buttazzo, 2011) se realiza un experimento de medición de latencia (Benjamín Vázquez Martínez, 2022) donde su comportamiento se describe de la siguiente manera:

- a_i = Tiempo de consulta que llega al servidor (ms)
- c_i = Tiempo de procesamiento del servidor (ms)
- e_i = Tiempo en que llega respuesta al cliente (ms)
- K_i = Latencia de comunicación (ms)
- i = Índice de la petición de servicio

Donde:

$$K_i = a_i + c_i + e_i \quad (7)$$

Observando su comportamiento (ver figuras 3 y 4) el peor tiempo de respuesta se considera para transmisión de 163ms y recepción de 58ms.

Figura 3.- Transmisión API FETCH ($TT1_K$ y $TT2_K$)

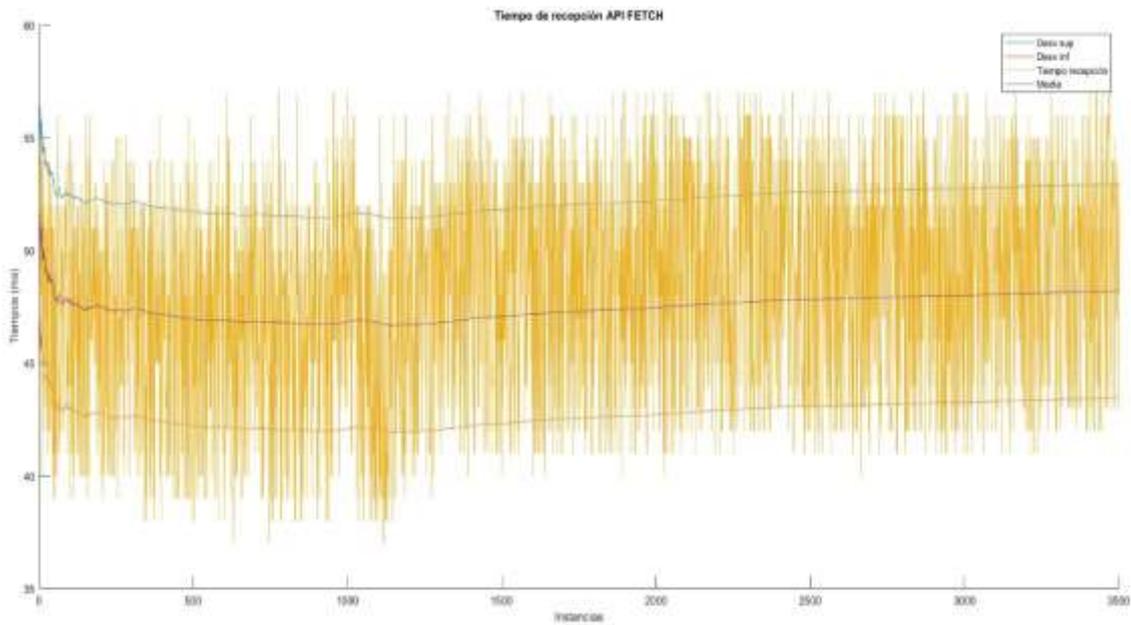
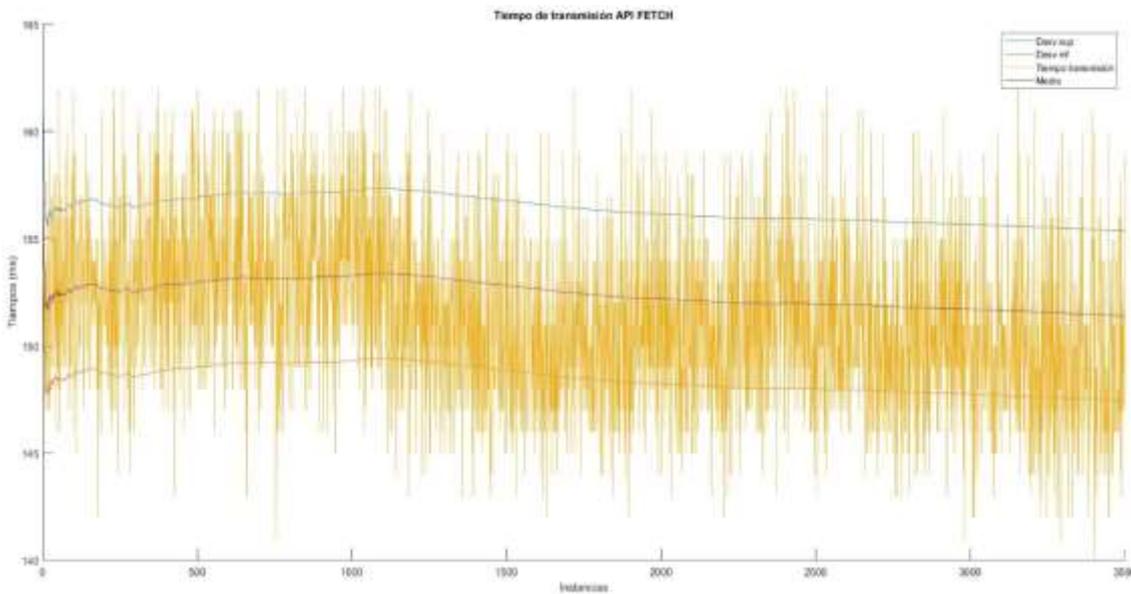


Figura 4.- Tiempo de recepción API FETH ($TR1_K$ y $TR2_K$)



Mientras que el tiempo de procesamiento del servidor en milisegundos es 0. Por lo tanto:

$$Max(a_i) = 163ms$$

$$Max(e_i) = 58ms$$

En consecuencia:

$$TT1 y TT2 = 163ms$$

$$TR1 y TR2 = 58ms$$

Como resultado del peor caso del tiempo de la latencia y considerando que el servidor VPS se encuentra en NY (Nueva York) y el cliente en CDMX (Ciudad de México) es:

$$Max(K) = 163ms + 0 + 58ms \quad (8)$$

$$Max(K) = 221ms \quad (9)$$

Tomando la ecuación 2 para sustituir los valores obtenidos en los experimentos de latencia de la red y tiempo de respuesta del sensor, se obtiene lo siguiente:

$$0.623ms + 163ms + 163ms + 58ms + 58ms = D_K \quad (10)$$

$$\therefore D_K = 442.623ms \quad (11)$$

De acuerdo con el resultado obtenido en la ecuación 7, es el tiempo en el cual se tomará una instancia por el microcontrolador para ser enviada al VPS. Para la creación del servidor que se ejecuta en el VPS, se utilizará la herramienta NODE JS (Benjamin Vazquez Martínez, 2021), la cual tiene por naturaleza la estructura de contestar peticiones de forma concurrente, las características para la creación del servidor son las siguientes:

- Recibir y contestar peticiones
- Atender las solicitudes del cliente
- Calcular las potencias que se presentan en la instalación eléctrica de monitoreo
- Almacenar la información recibida del sensor
- Almacenar las activaciones de interruptores

Una vez creado con las características descritas; el cliente de monitoreo sea crea con un freamework REACT para un fácil manejo para el usuario por sus características de instalación en una PC o dispositivo móvil (ver Figura 5).

Figura 5.- Aplicación REACT instalada en PC



La aplicación creada cumple con las características de usabilidad con fácil manejo al cliente, teniendo los botones para fácil navegación en la aplicación (ver figuras 6 y 7).

Figura 6.- Aplicación monitoreo RMS RT PC.



Figura 7.- Aplicación monitoreo RMS RT teléfono inteligente.



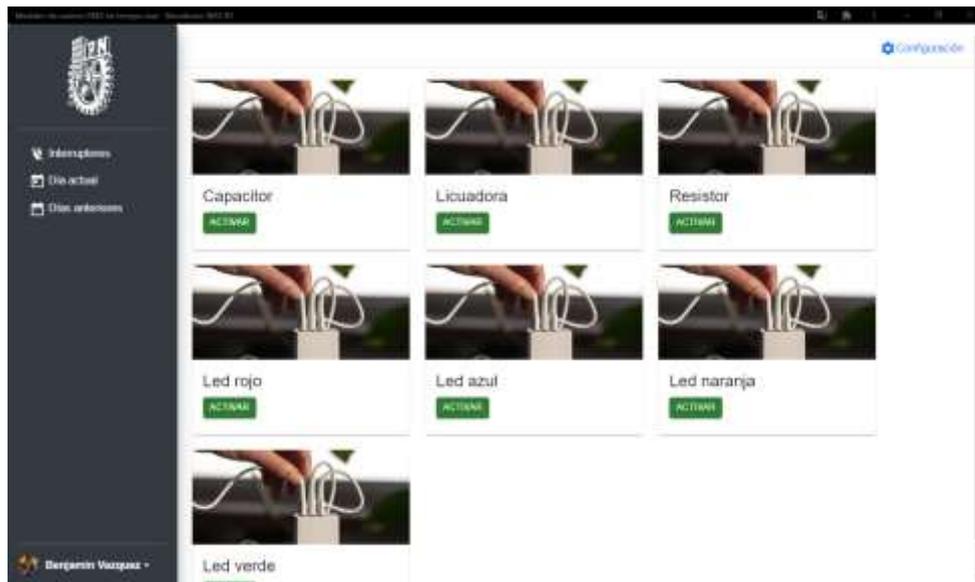
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se describe el comportamiento obtenido de telemetría y teleoperación para cargas eléctricas específicas, las cargas eléctricas que se ponen en monitoreo y teleoperación son las siguientes:

- Carga puramente resistiva: 127V, 900W, 60Hz
- Carga puramente inductiva: 127V, 420W, 60Hz
- Carga capacitiva: 127V, 900W, 60Hz

Con las características: Latitud: 19.277746, Longitud: -98.995780, Temperatura: 22°. Se esperan ángulos de desfase diferentes a cero para las cargas inductiva y capacitiva, mientras que para la carga resistiva se espera un ángulo de desfase de cero. El proceso de teleoperación comienza con la conexión y desconexión de las cargas como muestra la Figura 8.

Figura 8.- Interruptores para teleoperación



Una vez configurados los interruptores, se realiza la interconexión entre el microcontrolador y la etapa de potencia para ser activadas las diferentes cargas. Al activar el primer interruptor se observa el comportamiento indicado en la Figura 9.

Figura 9.- Voltaje y corriente de carga capacitiva



Se observa un voltaje que varía de 124V a 124.6V, mientras que la corriente se encuentra entre 1.36A y 1.37A.

Figura 10.- Ángulo de desfase y potencia activa de carga capacitiva



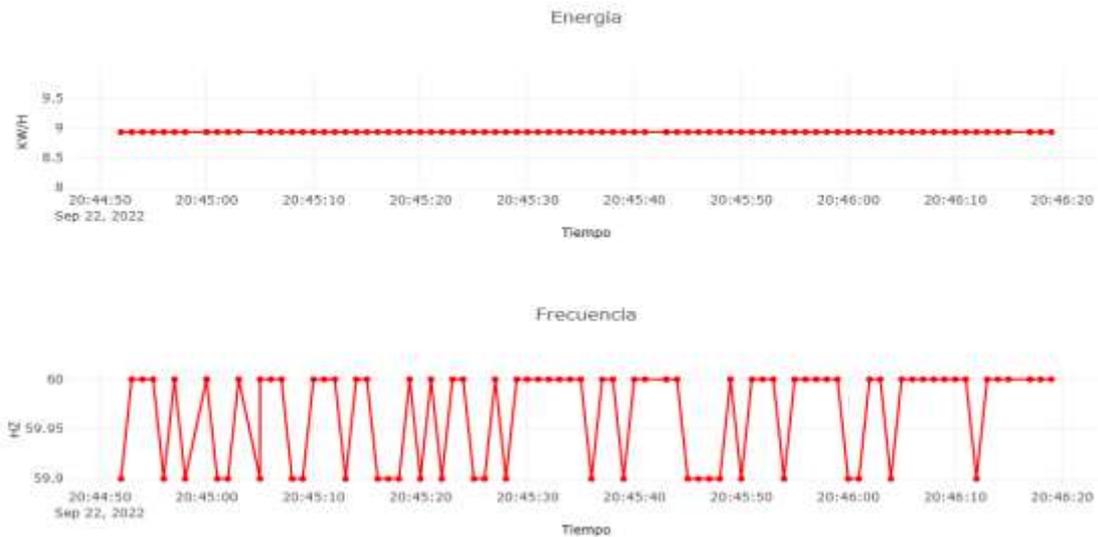
El ángulo de desfase se muestra constante a los 80.25° mientras que la potencia activa varía entre los 28.8KW y 29.4KW.

Figura 11.- Potencia reactiva y aparente para carga capacitiva



La potencia reactiva muestra una variación de 170VAR a 168VAR, mientras que la potencia aparente varía de 170VA a 172VA.

Figura 12.- Energía y Frecuencia de carga capacitiva



La energía de consumo muestra ser continua al no variar durante 2 minutos tomando el valor de 9KW/H, por otra parte, la frecuencia varía de 59.9hz a 60hz.

Figura 13.- Factor de potencia de carga capacitiva



Se observa un factor de potencia constante de 17% dado a que el factor de potencia solo se encuentra entre 0 y 1 su valor es de 0.17. Los instrumentos de medición encargados de medir la corriente de la carga se muestran en la Figura 14.:

Figura 14.- Multímetros de gancho midiendo corriente en la carga capacitiva



Para una carga puramente resistiva se muestran los siguientes comportamientos:

Figura 15.- Voltaje y corriente de carga resistiva



El voltaje se muestra con muy poca variación tomando 115V, mientras que la corriente se mantiene constante a los 6A.

Figura 16.- Ángulo de desfase y potencia activa de carga resistiva



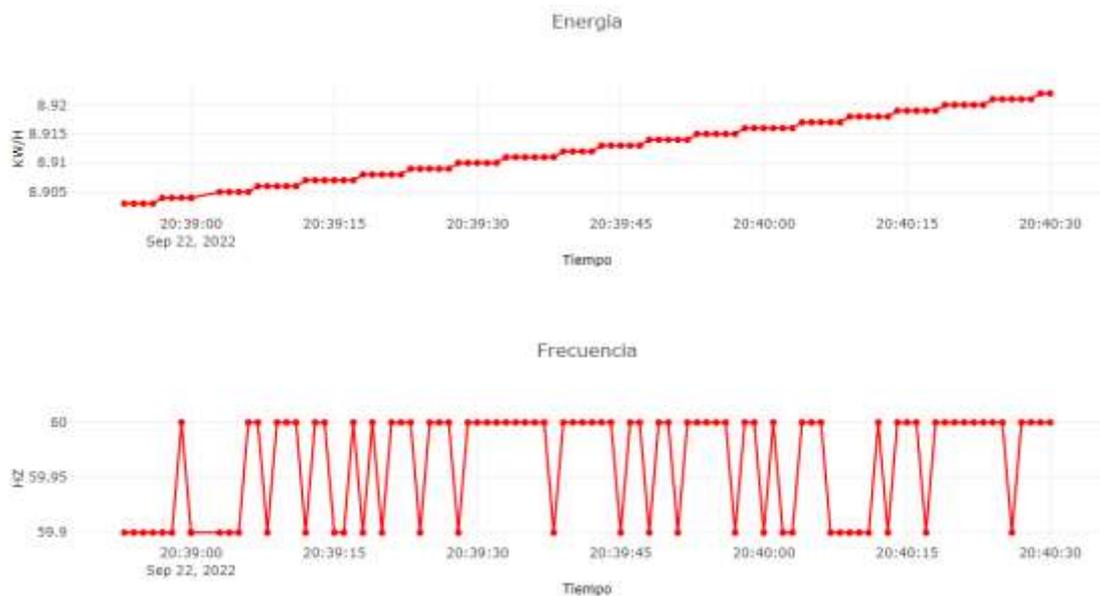
La respuesta de la carga capacitiva muestra un comportamiento esperado con respecto al ángulo de desfase ya que es 0° mientras que la potencia activa aprovecha toda la energía tomando un valor de 700KW.

Figura 17.- Potencia reactiva y potencia aparente de carga resistiva



Para la potencia reactiva muestra un valor de 0 VAR confirmando el valor del ángulo de desfase, mientras que la potencia aparente toma un valor de 700 VA.

Figura 18.- Energía y frecuencia de carga resistiva



La energía aumenta, debido a que toda la energía se está aprovechando por la carga resistiva. La frecuencia se encuentra en una variación de 59.9HZ a 60HZ.

Figura 19.- Factor de potencia de carga resistiva



El factor de potencia muestra 1 sin ninguna variación.

Los multímetros encargados de medir la corriente se muestran en la Figura 20:

Figura 20.- Multímetros de gancho midiendo la carga resistiva



Para la carga inductiva se muestra el siguiente comportamiento:

Figura 21.- Voltaje y corriente de carga inductiva



El voltaje muestra una variación de 121V y 121.5V, mientras que la corriente se mantiene constante a los 1.51A.

Figura 22.- Angulo de desfase y potencia activa



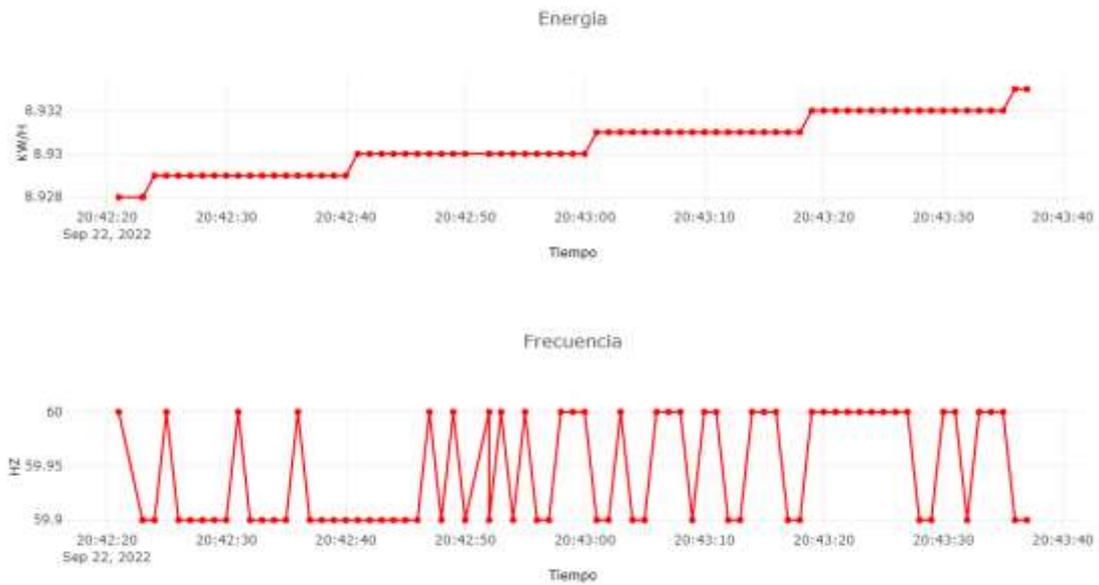
Se observa un ángulo de desfase constante tomando un valor de 10°, mientras que la potencia activa toma un valor de 200KW.

Figura 23.- Potencia reactiva y potencia aparente de carga inductiva



Con valores constante de potencia reactiva toma el valor de 190 VAR y de 290 VA para la potencia aparente.

Figura 24.- Energía y frecuencia de carga inductiva



Observando la energía, se refleja un aumento comenzando de los 8.928 KW/H a 8.932 KW/H, mientras que la frecuencia varía de 59.9HZ a 60HZ.

25.- Factor de potencia de carga inductiva



Los instrumentos de medición encargados de medir la corriente de la carga se muestran en la Figura 26:

Figura 26.- Multímetros de gancho midiendo la carga inductiva



Se muestra un factor esperado de 1 para la carga inductiva. De forma exitosa se realiza una teleoperación y telemetría de sistemas monofásicos sin interrupción utilizando las herramientas de desarrollo modernas.

CONCLUSIONES

Se creo un sistema totalmente exitoso el cual tiene y cumple la posibilidad de monitorear cualquier instalación eléctrica monofásica desde cualquier parte con ayuda del internet de las cosas IoT, además tiene la posibilidad de teleoperar cualquier aparato eléctrico conectado a la instalación.

La técnica que se aplicó sobre el monitoreo de instalaciones eléctricas puede ser utilizada para identificar horarios de máximo consumo, así como, los picos eventuales ocasionados por dispositivos eléctricos, electrónicos de una casa habitación. De lo anterior, se pueden generar propuestas para reducir el consumo eléctrico derivado de la identificación de la causa del alto consumo.

El proyecto de investigación puede ser escalado al monitoreo de una instalación bifásica o trifásica como propuesta de monitoreo de una empresa o zona industrial con el objetivo de identificar el alto consumo y generar acciones de intervención para reducir el consumo energético ocasionado principalmente por los picos de consumo.

Los resultados en los instrumentos de medición remota coinciden con respecto a los resultados que se muestran en el sistema RMS, esto asegura que está funcionando de forma correcta y los datos mostrados al usuario son correctos.

El trabajo obtiene los resultados esperados con respecto a las cargas conectadas, teniendo la posibilidad de observar el comportamiento y como trabajo futuro corregir el ángulo de desfase para aprovechar toda la energía que sea posible.

Las ventajas de este sistema es la facilidad de acceso a él, ya que no se limita la aplicación a un sistema operativo o dispositivo en específico, además, el sistema proporciona la información adecuada para corregir el ángulo de desfase y así aprovechar toda la energía posible.

LISTA DE REFERENCIAS

Alfons Crespo, A. A. (2006). UNA PANORAMICA DE LOS SISTEMAS DE TIEMPO REAL.
Revista iberoamericana de automatica e informatica industrial, 0 - 12.

Amaguaña, J. D. (2020). *Sistema integrado para la operación de un brazo robótico teleoperado en tiempo real*.

- Benjamín Vázquez Martínez, B. C. (2022). Comparación de Latencias entre Socket.io vs Api Fetch para un Esquema Cliente-Servidor. *XXI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y DE SISTEMAS (CNIES 2022)*, 0 - 4.
- Benjamin Vazquez Martínez, P. G. (2021). Comunicación entre un Servidor Local en una SBC Raspberry pi 3B con un Servidor WEB VPS Usando NODE.JS. *XX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y DE SISTEMAS (CNIES 2021)*, 0 - 4.
- BERNAL, Y. E. (2020). *DISEÑO DE UNA RED DE IoT PARA EL HOGAR*. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA.
- Bolívar, L. B. (s.f.). *Confiabilidad de los sistemas de seguridad del hogar inteligente basado en IoT*. Universidad de Antioquia.
- Buttazzo, G. C. (2011). *Hard Real-Time Computing Systems*. Nueva York: Springer Nueva York.
- Calatayud, A. S. (s.f.). *Usos del IoT: Mejora de la accesibilidad en el hogar*. Universidad Internacional de La Rioja.
- Dodge, J. M. (2011). Telemetría usando Redes de Datos de Telefonía Celular. *INGENIARE*, 12.
- Dr. Víctor Javier González Villela, I. D. (2018). Teleoperación aplicada a transporte de materiales, utilizando un pantógrafo y un manipulador vía Wi-Fi. *CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, 7.
- Hosting Red*. (27 de 10 de 2022). Obtenido de <https://www.hostingred.com/servidores/informacion-servidoresvirtuales-vps/>
- José de Jesús Medel Juárez, P. G. (2007). *Temas selectos de sistemas en tiempo real*. CDMX.
- KEVIN, M. J. (2019). *MEDICIÓN DE LATENCIAS DE INTERNET CON SERVIDORES INTERNACIONALES DE CLIENTES DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE LAS TELECOMUNICACIONES (CNT) EN LA CENTRAL ZONAL 5*. Guayaquil, Ecuador.
- Lucy Amanda Balanta, M. D. (2021). *Aplicaciones IOT para el hogar - Desarrollo acuario IOT*. Bogotá - Colombia : Universidad Nacional Abierta y a Distanci.
- Luis Chamba-Erasa, E. C.-R.-J. (2016). Usabilidad Web: situación actual de los portales Web de las. *Sexta Conferencia de Directores de Tecnología de Información*, 13.
- Macías García, M. E. (s.f.). Potencia aparente y factor de potencia. 1-8.

manuals.plus. (26 de 10 de 2022). Obtenido de <https://manuals.plus/innovatorsguru/ac-communication-module-pzem-004t-v3-0-manual.pdf>

Ramírez, J. E. (2021). *DESARROLLO DE UN PROTOTIPO MANIPULADOR CON CONTROL DE TELEOPERACIÓN COMO ROBOT DE ASISTENCIA PERSONAL*. Puebla.

VIVIANA, T. P. (2021). *Desarrollo de una aplicación Web para la generación de códigos QR* y. LA LIBERTAD – ECUADOR.

William Montalvo, C. A. (2020). Sistema de Tele-operación para Robots Móviles en la. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 0-16.