



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

DESARROLLO DE UN MONITOR USART PARA MEDICIÓN Y REGISTRO DE LA POTENCIA ELÉCTRICA DE UN NODO DE CRIPTOMINADO

**DEVELOPMENT OF A USART MONITOR FOR
MEASURING AND RECORDING THE ELECTRICAL
POWER OF A CRYPTOMINING NODE**

Pedro Guevara López

Instituto Politécnico Nacional, México

Jose Luis Cano Rosas

Instituto Politécnico Nacional, México

Miguel Ángel Nava Rivera

Instituto Politécnico Nacional, México

María Elena Mendiola Medellín

Instituto Politécnico Nacional, México

Diana Lizet González Baldovinos

Instituto Politécnico Nacional, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15161

Desarrollo de un Monitor USART para Medición y Registro de la Potencia Eléctrica de un Nodo de Criptominado

Pedro Guevara López¹pguevara@ipn.mx<https://orcid.org/0000-0001-5373-1403>Instituto Politécnico Nacional
México**José Luis Cano Rosas**lucskyr@gmail.com<https://orcid.org/0000-0001-8098-5142>Instituto Politécnico Nacional
México**Miguel Ángel Nava Rivera**miguelangelnavarivera@hotmail.com<https://orcid.org/0000-0001-7434-7232>Instituto Politécnico Nacional
México**María Elena Mendiola Medellín**mmendiola@ipn.mx<https://orcid.org/0000-0003-2121-2128>Instituto Politécnico Nacional
México**Diana Lizet González Baldovinos**d.gonzalezb@cic.ipn.mx<https://orcid.org/0000-0003-0864-2035>Instituto Politécnico Nacional
México

RESUMEN

Las criptomonedas son un tipo de divisa digital que se controlan y gestionan mediante una tecnología conocida como "blockchain" o "libro de cadena de bloques" y dependen de un proceso llamado "minería", que es una forma de distribuir el poder de procesamiento de información donde los individuos o nodos que contribuyen son recompensados con divisas digitales recién acuñadas. Un gran problema del criptominado son las cantidades de energía eléctrica consumida por los nodos o equipos de cómputo, donde gran parte de esta energía se convierte en calor; esto ha dado paso a la prohibición del minado en algunos países. Esto motivó el desarrollo del presente proyecto, donde se desarrolla un sistema de adquisición y registro de variables eléctricas para análisis de la potencia eléctrica en un nodo de criptominado. Los valores que serán medidos son RMS, el sistema es no invasivo con el fin de no alterar la carga con agentes externos al nodo de minería; además, el dispositivo es capaz de enviar los en forma digital para permitir su conexión con la mayoría de los dispositivos como microcontroladores, ordenadores o computadoras de placa reducida. Finalmente, este proyecto permitirá saber si un nodo es rentable o no; si criptomonedas generan utilidad que justifican el consumo de energía eléctrica en un determinado intervalo de tiempo.

Palabras clave: adquisición de datos, consumo energético, criptominado, nodo de cómputo, variables eléctricas

¹ Autor principal

Correspondencia: pguevara@ipn.mx

Development of a USART Monitor for Measuring and Recording the Electrical Power of a Cryptomining Node

ABSTRACT

Cryptocurrencies are a type of digital currency that are controlled and managed by a technology known as “blockchain” or “blockchain ledger” and rely on a process called “mining”, which is a way of distributing information processing power where contributing individuals or nodes are rewarded with newly minted digital currencies. A major problem with cryptocurrency mining is the amounts of electrical energy consumed by the nodes or computing equipment, where much of this energy is converted into heat; this has led to a ban on mining in some countries. This motivated the development of the present project, where a system for the acquisition and recording of electrical variables for the analysis of power consumption in a cryptocurrency node is developed. The values that will be measured are RMS, the system is non-invasive in order not to alter the load with external agents to the mining node; in addition, the device is able to send the in digital form to allow its connection with most devices such as microcontrollers, computers or computers with reduced board. Finally, this project will allow to know if a node is profitable or not; if cryptocurrencies generate utility that justifies the consumption of electrical energy in a certain time interval.

Keywords: data acquisition, power consumption, cryptomining, compute node, electrical variables

Artículo recibido 02 octubre 2024

Aceptado para publicación: 12 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

Este trabajo se basa en (Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán. (2022)), donde se expone que el problema de minado de criptomonedas se debe a las grandes cantidades de energía eléctrica consumida por los nodos o equipos de cómputo, donde gran parte de esta energía se convierte en calor. Según Krause y Tolaymat (2018), entre el 1 de enero de 2016 y el 30 de junio de 2018, se estimó que la minería de Bitcoin, Ethereum, Litecoin y Monero (ver Cabrera Soto, M., & Lage Codorniu, C. (2022)) consumió una media de 17, 7, 7 y 14 MJ para generar un dólar, respectivamente. En comparación, la minería convencional de aluminio, cobre, oro, platino y óxidos de tierras raras consumió 122, 4, 5, 7 y 9 MJ para generar un dólar, respectivamente, lo que indica que (con la excepción del aluminio) la criptominería consumió una media de 1.5 MJ para generar un dólar. Para ese mismo periodo, también se estimó que la minería de las cuatro criptomonedas fue responsable de entre 3 y 15 millones de toneladas de emisiones de CO₂ (Krause & Tolaymat, 2018). Esto ha dado paso a su prohibición en ciudades y países que no ofrecen subsidios para el suministro de energía eléctrica.

El minado de criptomonedas puede realizarse a gran o pequeña escala; existen granjas de minado con cientos de nodos y usuarios que construyen su propio nodo con componentes comerciales. En todo caso, en el proceso de minado, los nodos de cómputo hacen un fuerte uso de las Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU) más que sobre las Unidades Centrales de Procesamiento (CPU); las GPU están integradas en tarjetas de video de alto desempeño, pertenecientes a las familias NVIDIA (NVIDIA Corporation. (s.f.)) y AMD (Advanced Micro Devices, Inc. (s.f.)), siendo estas últimas las más explotadas debido a no están bloqueadas para el proceso de minado, su costo y compatibilidad, pudiéndose hacer arreglos de tantas tarjetas como la disponibilidad de puertos PCI-E en la tarjeta madre; esto permite construir nodos de minado personales de costo razonable. Sin embargo, la problemática siempre es la misma, dando lugar a la cuestión siguiente:

¿Es posible determinar el consumo energético de un nodo de minado de criptomonedas y analizar su rentabilidad, de acuerdo con su potencia eléctrica consumida y carga computacional de sus Unidades de Procesamiento Gráfico?



En este sentido, en el mundo se han realizado varios estudios sobre la minería de criptomonedas un ejemplo es el trabajo de Horno Maggioni (2018), que en el trabajo presentado por la universidad de Zaragoza analiza la rentabilidad de la minería de criptomonedas. En otros trabajos como el de Weikang Meng y Wang (2019) se ha analizado el uso computacional de los recursos, por diversos virus que atacan al PC para explotar sus recursos y ejecutar tareas de minería.

Finalmente, puede afirmarse que la minería técnicamente puede ser ejecutada en cualquier plataforma con el poder de cómputo necesario para ejecutar el algoritmo de minería de la moneda en cuestión, un ejemplo interesante es el análisis de energía de minería de criptomonedas desde una perspectiva móvil, realizado por Clay, Hargrave y Sridhar (2018), donde se da un enfoque al análisis de la energía en dispositivos móviles como dispositivos de minería.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema de medición se requiere conocer las características de las señales a monitorear, así como sus valores máximos y mínimos que delimitan el alcance del sistema de medición. Se necesita monitorear la alimentación del nodo de minería de criptomonedas, esta tarea consiste en la lectura de tensión y corrientes del suministro eléctrico provisto por la CFE en una tarifa 1, la tensión alterna de alimentación nominal es de 127V con variaciones del 10% a una frecuencia de 60 Hz. Para el caso de la corriente eléctrica se considera como valor máximo el mostrado en el documento “Preparación Eléctrica para el suministro de energía” (Comisión Federal de Electricidad, 2021), entregado a los usuarios para la preparación de la instalación eléctrica en un hogar donde se estipula una protección basada en un interruptor termomagnético de 30 A, este valor es tomado como valor máximo de corriente a medir por el dispositivo de medición.

Los valores que serán medidos por el dispositivo deben ser valores del tipo RMS (Khan, A. R., & Bakshi, V. (2010)), debido a la naturaleza de la señal que se examina con respecto a su variación en el tiempo, donde generalmente este valor es utilizado en una gran cantidad de instrumentos precisos y confiables. Con estas peculiaridades en mente se desarrolla un sistema que permita hacer la medición de las señales respecto a las características previamente establecidas y que a su vez permita obtener el producto de ambos valores que expresa el valor de potencia. El dispositivo debe de ser no invasivo para las mediciones de corriente con el fin de no alterar la carga con agentes externos al nodo de minería.

Finalmente, el dispositivo debe ser capaz de transmitir los valores por medio de algún protocolo de comunicación digital, que permita la conexión con la mayoría de los dispositivos como micro controlares, ordenadores o computadoras de placa reducida además de ser capaz de enviar una medición en un intervalo de tiempo máximo de 1 segundo.

En la búsqueda de un sistema de medición confiable y práctico, se implementa el dispositivo PZEM-004T-100A, este dispositivo desarrollado por la empresa Peacefair (Ningbo Peizheng Electronic Technology Co., Ltd. (s.f.)) especializada en el diseño, producción y venta de paneles digitales de CA y CC, permite obtener mediciones de corriente, tensión y potencia en corriente alterna a través del protocolo de comunicación UART (Innovators Guru, 2021) siendo el protocolo serial más sencillo de utilizar y presente prácticamente en todos los dispositivos digitales actuales. Los parámetros de medición se ajustan perfectamente a los parámetros necesarios a medir, además de contar con el soporte del fabricante para la configuración y uso del módulo para el microcontrolador ATMEGA 328P (Microchip, 2022).

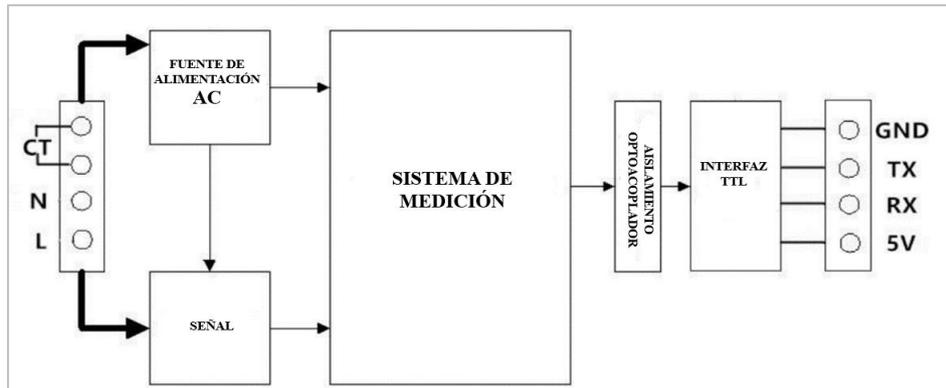
En el sistema desarrollado, las mediciones de interés se muestran en la Tabla 1, donde la tensión y corriente pueden ser medidas en frecuencias de 45Hz~65Hz.

Tabla 1. Rango, resolución y precisión de las mediciones de Tensión y Corriente en el nodo.

	Tensión	Corriente
Rango	80~260V	0~100 A Valor de inicio de medición: 0.01
Resolución	0.1 V	0.001 A
Precisión	0.5%	0.5%

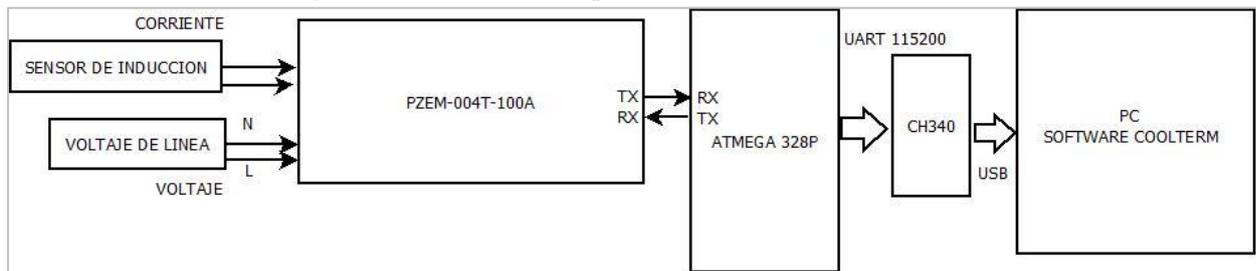
El dispositivo utilizado realiza las lecturas por medio de un sensor de corriente por inducción no invasivo, y las lecturas de tensión pueden ser obtenidas al conectar el módulo a la tensión de alimentación que se adquiere y registra, ver Figura 1.

Figura. 1. Diagrama esquemático del dispositivo de medición de variables.



En el diagrama de la Figura 1 se observan las etapas del dispositivo PZEM-004T y el diagrama de conexión para realizar las mediciones. El fabricante provee el soporte para el microcontrolador ATMEGA 328p con el gestor de arranque del entorno de desarrollo de Arduino instalado, tomando como base la recomendación se integra este dispositivo en conjunto con dicho microcontrolador, siendo interconectados ambos por medio del puerto serial UART a una velocidad de 9600 Bauds. El microcontrolador permite tomar las lecturas del dispositivo y enviarla nuevamente por el protocolo de comunicación UART a cualquier otro dispositivo compatible con el protocolo UART a una velocidad de 115200 Bauds, para facilitar la conexión se integra un convertidor de puerto serial a USB (López Pérez, E. (s.f.)) con el circuito CH 340 que permite tener un puerto serial virtual y recibir los datos por medio de un cable USB. El microcontrolador permite obtener la información y enviarla en el formato que sea necesario, en el caso particular del sistema de medición para la visualización en ordenadores o computadoras de placa reducida se requiere que los datos sean enviados en una cadena de caracteres con formato ASCII y que cada dato sea seguido de una coma obedeciendo el formato CSV (Adobe. (s.f.)), que posteriormente los datos obtenidos son graficados en el software cómputo numérico MATLAB (Mathworks, 2022). Al realizar cada medición, el microcontrolador tiene un código para cada una de las variables de interés, de manera que se carga el programa de la variable de interés y se realiza la medición y envío del dato precisamente, cada segundo. La visualización de los datos crudos recibidos por la computadora está a cargo del software CoolTerm (SparkFun. 2021), que permite la visualización numérica y crea un archivo con los datos que se están mostrando en la terminal; estos datos son transferidos en un arreglo CSV a Matlab para ser analizados fuera de línea como se representa en la Figura 2.

Figura. 2. Diagrama esquemático del sistema de adquisición y registro de variables eléctricas para análisis del consumo energético en un nodo de criptominado



Para probar el sistema, se utilizó un nodo de criptominado como banco de pruebas que cuenta con las siguientes características: CPU i5 10400F, GPU Radeon Sapphire RX 580 8 GB dual bios, 8 GB RAM DDR4 2133 mhz, Disco duro 250 gb 5800 rpm y una Fuente de alimentación Evga 500 watts 500b certificación 80 plus bronce; en la Figura 3 se observa el conjunto de la integración de componentes. Las pruebas fueron realizadas ejecutando la tarea de minado de la criptomoneda Ethereum a través del software Phoenix Miner 5.6 (Phoenix Miner, 2021), en el pool de Simpleminer (SimpleMiner Team. (s.f.)) sobre MS Windows 10 20H2.

Figura. 3. Componentes que integran el nodo de criptominado usado como banco de pruebas.



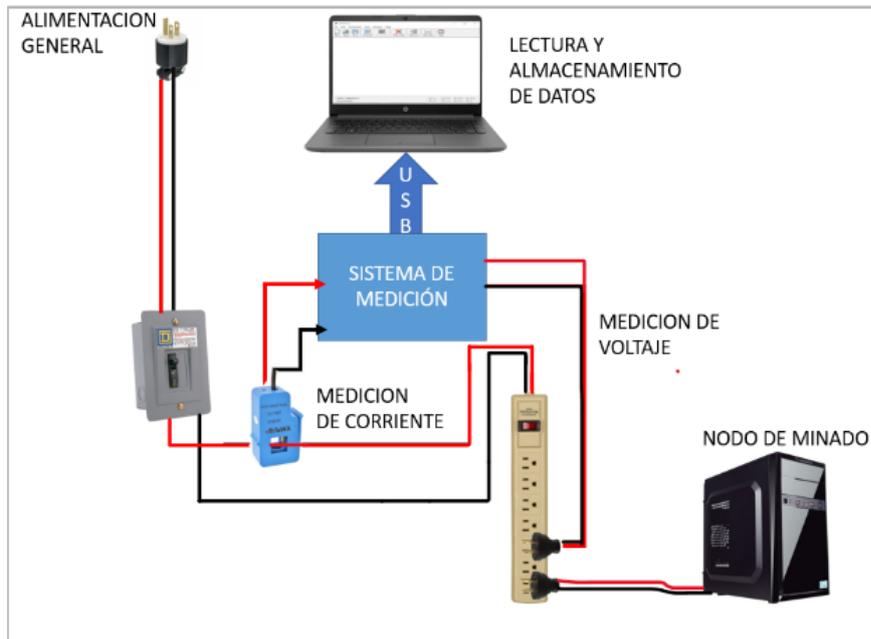
Para la visualización de otras variables de interés se puede utilizar paralelamente como complemento al sistema de adquisición de datos un sistema de medición de potencia eléctrica o un módulo para medición de algunas variables eléctricas. En el sistema se integra de forma independiente y auxiliar un sistema de medición basado en el módulo de peacefair PZEM-061 que se muestra en la Figura 4, este módulo permite visualizar tensión, corriente y potencia activa en línea.

Figura 4. Módulo de medición PZEM-061



Para utilizar el sistema de medición es necesario realizar ciertas adecuaciones en la conexión del nodo. Acondicionando un banco de pruebas con una protección basada en un interruptor termomagnético de 15A. De forma general el banco de pruebas está integrado por el sistema de medición, el nodo de minado, las protecciones y las conexiones en general mostrado en el diagrama de la Figura 5.

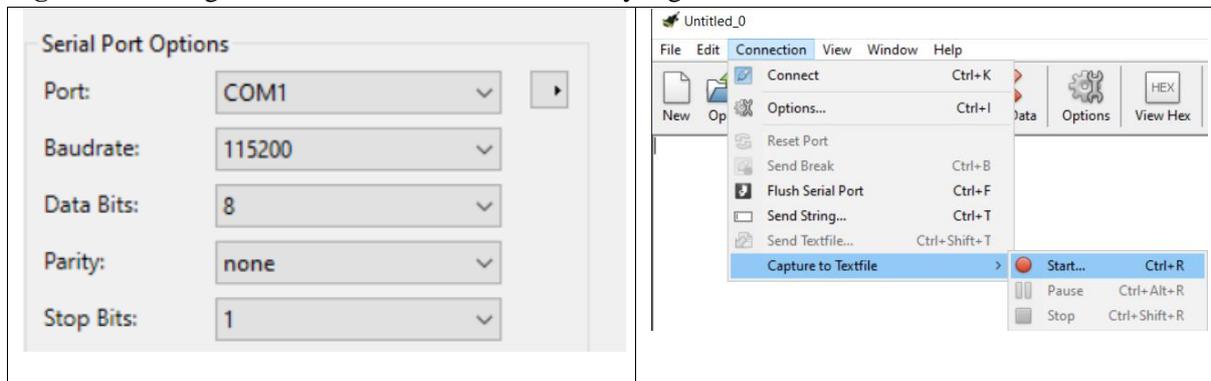
Figura. 5. Diagrama esquemático del sistema de medición.



Se configura el software CoolTerm (LO4D.com. (s.f.).) para la lectura del puerto serial COM asignado y se selecciona la velocidad en el programa del microcontrolador para visualizar los datos de forma correcta. Al realizar la configuración de forma exitosa se pueden visualizar los valores del sistema de medición en la terminal para el registro y almacenamiento de los valores a medir, se configura el software para capturar los datos recibidos en un archivo txt, que guarda sin formato lo que está siendo

capturado en la terminal, permitiendo almacenar todos los datos que sean recibidos (Ver Figura 6). El formato del dato que recibe el terminal y que es registrado en el archivo txt, tiene la estructura de un arreglo con formato csv. Para graficar es necesario copiar los datos obtenidos en el archivo .txt y graficar en Matlab el arreglo obtenido.

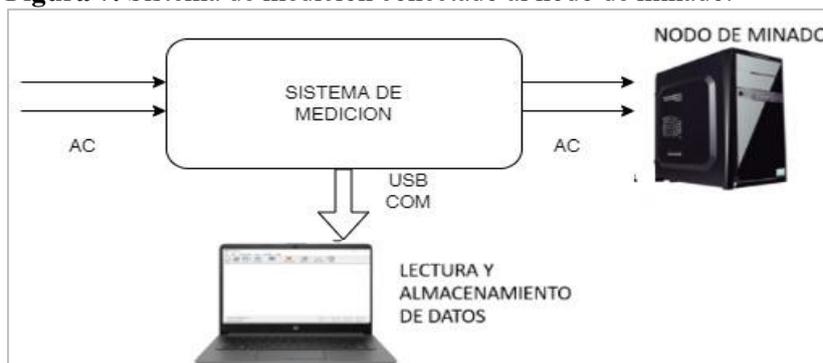
Figura. 6. Configuración de la comunicación serial y registro de mediciones.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

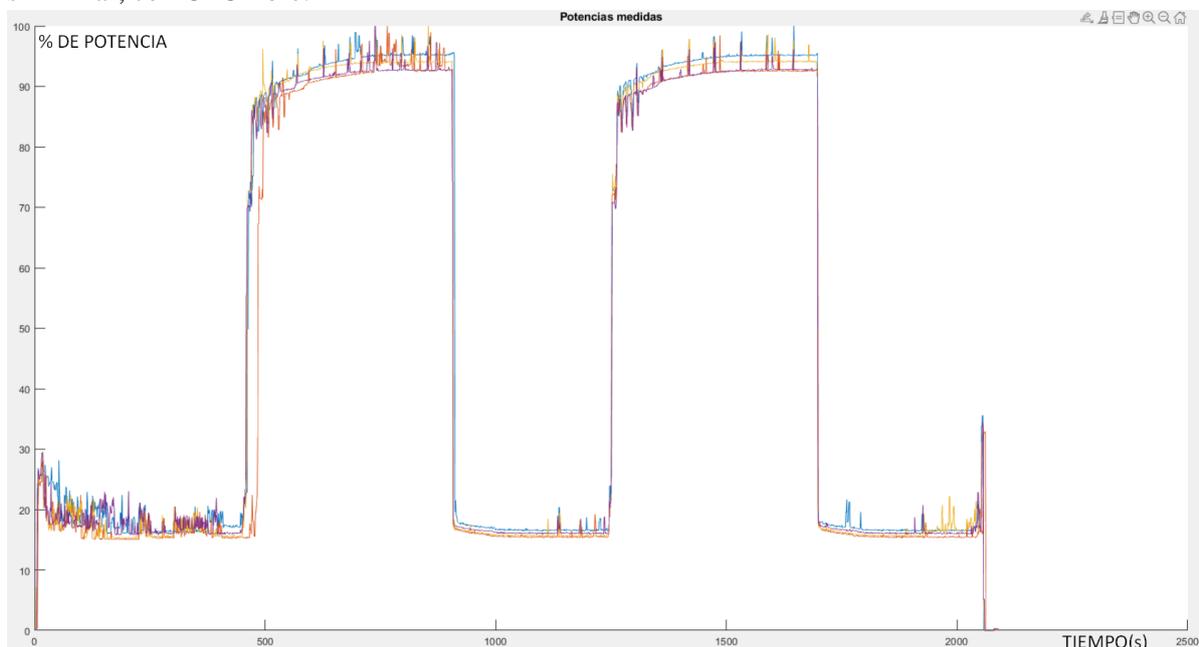
Para la validación de los datos del sistema de adquisición de datos, fue necesario comparar los datos registrados con un sistema de medición. Para ello se utilizaron medidores de voltaje y corriente de la marca Fluke modelo 175 (Fluke Corporation. (s.f.)), que fueron conectados de forma simultánea al sistema de medición; de forma complementaria se valida la medición con un medidor de potencia eléctrica keweisi KWS-AC300 (Keweisi. (s. f.)). Para capturar y observar los datos en línea es necesario conectar el sistema como se muestra en la Figura 7. Con el sistema de adquisición de datos, se realizaron 4 experimentos con las mismas características cada uno. Cada experimento tuvo una duración de 37 minutos en los cuales se analizan los cambios de estado entre el reposo y el inicio de la actividad de minería.

Figura 7. Sistema de medición conectado al nodo de minado.



El proceso del experimento es el siguiente: Se inicia el monitoreo de variables en el sistema de adquisición de datos de potencia del equipo en el ordenador portátil secundario, y se configura para el registro de las variables en un archivo .txt con formato csv. Se inicia la captura de datos y se enciende el nodo, una vez que pasaron 4 minutos y el equipo ha iniciado el sistema operativo Windows por completo, se ejecuta el programa Hardware.info y se da inicio al registro de datos de la GPU. Pasados 4 minutos más el equipo se le puede considerar en estado permanente y se procede a comenzar la tarea de minado, tarea que se realiza durante 8 minutos, en el minuto 16 de haber arrancado el nodo, se detiene la tarea de minado y se deja en reposo 6 minutos, en el minuto 22 se inicia de nuevo la tarea de minería y se mantiene por 8 minutos, en el minuto 30 se termina la tarea de minería y se esperan 6 minutos en reposo, se cierra el software para medir el uso de GPU y se procede a apagar el equipo, terminando el experimento en el minuto 37. En la Figura. 8 se muestra la medición de corriente en el nodo de criptominado, se observa que en los valores más altos de la gráfica se tiene plena carga de minado, mientras que en la parte inferior está libre, sin carga de minado.

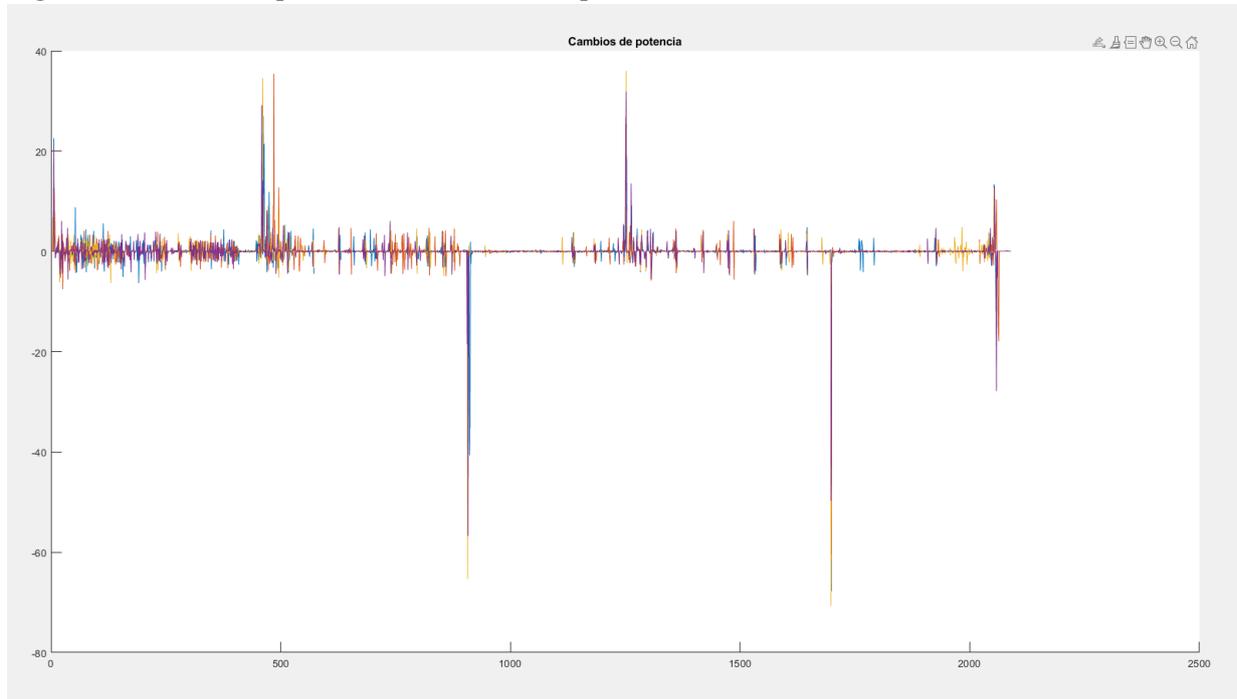
Figura. 8. Gráfica que presenta la corriente del nodo bajo condiciones de carga máxima de minado y sin minar, con GPU libre.



Estos cambios son más visibles como se observa a continuación donde se calcula la derivada de la señal generada por el sistema, como se puede apreciar en la Figura 9, los cambios de potencia se ven en forma de impulsos, coincidiendo en tiempo con los transitorios de las gráficas de potencia mostradas

previamente. Si se captura por más tiempo, se puede observar una gráfica más suave, a su vez puede ser visualizado el comportamiento al momento de detener el software de minado.

Figura 9. Cambios de potencia en el nodo de criptominado.



CONCLUSIONES

Un nodo de criptominado basado en GPU es un dispositivo con relativa facilidad de montar y configurar, que puede ser replicado en todo el mundo, convirtiéndose en una actividad riesgosa por el consumo energético que representa, esto motivó a la construcción de este sistema de medición y registro de potencia eléctrica. El sistema de medición desarrollado es un sistema modular empleable en otros sistemas destinados a la medición de energía de baja tensión. Este sistema es capaz de ser implementado en protocolos de gestión como Modbus gracias a la versatilidad del puerto serial implementado en el sistema para ser integrado en un sistema de gestión remota. Este módulo permite realizar mediciones y registros de variables eléctricas para analizar el desempeño y el consumo energético de diversos dispositivos, los resultados pueden ser utilizados para el dimensionamiento eléctrico de cargas o el diseño eléctrico de sistemas de energías limpias. Con este dispositivo el análisis energético realizado en este trabajo demostró que la minería es una actividad rentable siempre y cuando el nodo de minado sea un equipo eficiente, además de contar con el subsidio gubernamental y condiciones favorables del

mercado, estos 3 factores deben estar alineados para convertir a la minería en una actividad muy rentable, siendo estos puntos específicos en la historia en donde más nuevos mineros son agregados a la red de minería. Experimentalmente se comprobó que el sistema de minado posee 2 estados permanentes de funcionamiento que son después de encender con todos los recursos cargados y antes de minar o el estado de minado que captura los datos tras superar los transitorios por cambio de carga. El sistema posee 4 estados transitorios que son originados por los cambios de estado. El sistema se comporta de forma constante es decir el valor de potencia converge a un valor medio esto implica que el consumo energético puede ser estimado con pruebas pues es constante. La potencia media converge a un valor constante. El nodo de criptominado se comporta de forma uniforme en cualquier periodo de tiempo una vez alcanzado el estado permanente. La GPU determina al ejecutar el algoritmo de minado genera los cambios en el consumo de potencia del nodo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adobe. (s.f.). *Archivo CSV: ¿qué es CSV (comma separated values)?* Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.adobe.com/es/acrobat/resources/document-files/text-files/csv-file.html>
- Advanced Micro Devices, Inc. (s.f.). *AMD: juntos avanzamos en IA*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.amd.com/es.html>
- Bian, W., Meng, W., & Wang, Y. (2019). Poster: *Detecting WebAssembly-based cryptocurrency mining*. En **Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security** (pp. 2685-2687).
- Cabrera Soto, M., & Lage Codorniu, C. (2022). *Criptomonedas: ¿qué son y qué pretenden ser?* Economía y Desarrollo, 166(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842022000100008
- Clay, J., Hargrave, A., & Sridhar, R. (2018). *A power analysis of cryptocurrency mining: A mobile device perspective*. En **2018 16th Annual Conference on Privacy, Security and Trust (PST)** (pp. 1-5). IEEE.
- Comisión Federal de Electricidad. (2021, 2 de noviembre). **Preparación Eléctrica para el Suministro de Energía**. Recuperado de <https://www.cfe.mx/hogar/influyente/Documents/preparacionelectrica.pdf>



LO4D.com. (s.f.). *CoolTerm - Descarga*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://coolterm.en.lo4d.com/windows>

Fluke Corporation. (s.f.). *Multímetro digital Fluke 175 de valor eficaz verdadero*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-175>

Horno Maggioni, P. (2018). **Eficiencia energética de dispositivos de cálculo en el minado de criptomoneda basada en Blockchain** [Tesis de maestría, Universidad de Zaragoza].

Innovators Guru. (2021, 2 de noviembre). **PZEM-004T Datasheet User Manual* (V3.0)*. Recuperado de <https://innovatorsguru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán. (2022). *Análisis de rentabilidad basado en el consumo energético, poder de cómputo y tarifa eléctrica para un nodo criptominado en México* (Tesis de maestría). Presentada por Miguel Ángel Nava Rivera, bajo la dirección de Pedro Guevara López. Ciudad de México.

Keweisi. (s.f.). *Medidor de potencia digital KWS-AC300 100A, voltímetro, amperímetro, vatímetro de CA, medidor de energía de potencia KWS, medidor eléctrico con función de reinicio*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1382776498-medidor-digital-potencia-kws-ac300-100a-volt-amper-vatimetro- JM>

Khan, A. R., & Bakshi, V. (2010). *Fundamentos de ingeniería eléctrica*. McGraw-Hill.

Krause, M. J., & Tolaymat, T. (2018). *Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies*. *Nature Sustainability*, 1*(11), 711-718.

López Pérez, E. (s.f.). *Protocolo USB (Universal Serial Bus)*. Ingeniería en Microcontroladores. Recuperado de <https://i-micro.com/pdf/articulos/usb.pdf>

MathWorks. (2022). **Automotive Conference Michigan 2022**. Recuperado de <https://la.mathworks.com/company/events/conferences/automotive-conference-michigan/2022.html>



Ningbo Peizheng Electronic Technology Co., Ltd. (s.f.). *Multifunctional Digital Display Meter - Digital Voltage Meter - Digital Current Meter*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://en.peacefair.cn/index.html>

NVIDIA Corporation. (s.f.). *Líder mundial en computación de inteligencia artificial*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.nvidia.com/es-la/>

Phoenix Miner. (2021, 2 de noviembre). *Phoenix Miner*. Recuperado de <https://phoenixminer.org/es/>

SimpleMiner Team. (s.f.). *Simple Miner: GUI Cryptonight CPU & GPU Miner for Windows*. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <http://www.cryptomanager.net>

SparkFun. (2021, 2 de noviembre). *CoolTerm*. Recuperado de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/terminal-basics/coolterm-windows-mac-linux>

