

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA Y MONITOREO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

Carlos Levi Cartagena

Ingeniero Industrial. Docente Investigador, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Centro Regional Santa Ana.
Correo electrónico: carlos.cartagena@itca.edu.sv

David Ernesto Cortez

Ingeniero Electricista. Docente Coinvestigador, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, Centro Regional Santa Ana.
Correo electrónico: dernesto.cortez@itca.edu.sv

Recibido: 14/05/2025 - Aceptado: 09/09/2025

Resumen

Este artículo presenta los resultados de un proyecto desarrollado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica del Centro Regional Santa Ana. La investigación tuvo como objetivo el diseño e implementación de un sistema didáctico de control automático para la corrección del Factor de Potencia y monitorización de variables eléctricas en instalaciones de baja tensión, tales como voltaje, corriente, potencia y desbalance, para promover la innovación y el desarrollo tecnológico en el campo de la eficiencia energética. El sistema desarrollado utiliza tecnologías de procesamiento digital de señales a través de software, facilitando la integración de datos con el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en la nube, permitiendo además la monitorización y gestión remota de variables eléctricas en tiempo real. Se implementó un monitor de variables eléctricas basado en LabVIEW con tarjetas DAQ para la digitalización, que se comunica con un PLC S7 1200, utilizando el protocolo MODBUS TCP/IP. La implementación consistió en el montaje de un tablero de control con equipos de protección, control y medición. Se validó el sistema mediante un muestreo exhaustivo registrando 1483 datos para su análisis. El análisis de los datos demostró que los voltajes se mantenían equilibrados (desbalance <2%) y el Factor de Potencia operaba en un nivel óptimo cercano a 0.98. Se observaron desbalances de corriente significativos, pero consistentes con el funcionamiento normal de las cargas conectadas. El sistema desarrollado optimiza el consumo y mejora la calidad del suministro eléctrico, funcionando además como herramienta didáctica para la formación de estudiantes de ingeniería eléctrica. La integración de LabVIEW facilita una gestión eficiente y toma de decisiones informadas, demostrando ser una inversión rentable que mejora la sostenibilidad y confiabilidad de la instalación.

Palabras clave

Eficiencia energética, calidad de potencia, corrección del factor de potencia, LabVIEW, control automático, monitorización de variables eléctricas.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM DESIGN FOR POWER FACTOR CORRECTION AND MONITORING OF ELECTRICAL VARIABLES IN LOW VOLTAGE INSTALLATIONS

Abstract

This article presents the results of a project developed by the School of Electrical Engineering of the Santa Ana Regional Center. The objective of the research was the design and implementation of a didactic automatic control system for power factor correction and monitoring of electrical variables in low voltage installations, such as voltage, current, power and unbalance, to promote innovation and technological development in the field of energy efficiency. The developed system uses digital signal processing technologies through software, facilitating data integration with the Internet of Things (IoT) and cloud computing, also allowing remote monitoring and management of electrical variables in real time. A LabVIEW-based electrical variables monitor was implemented with DAQ cards for digitization, which communicates with an S7 1200 PLC, using the MODBUS TCP/IP protocol. The implementation consisted in the assembly of a control board with protection, control and measurement equipment. The system was validated through exhaustive sampling by recording 1483 data for analysis. Analysis of the data showed that the voltages remained balanced (unbalance <2%) and the power factor operated at an optimum level close to 0.98. Significant current unbalances were observed, but consistent with the normal operation of the connected loads. The developed system optimizes consumption and improves the quality of the power supply, also functioning as an educational tool for the training of electrical engineering students. The integration of LabVIEW facilitates efficient management and informed decision making, proving to be a profitable investment that improves the sustainability and reliability of the installation.

Keywords

Energy efficiency, power quality, power factor correction, LabVIEW, automatic control, monitoring of electrical variables.

Introducción

La corrección del Factor de Potencia es una práctica que consiste en conectar condensadores, bobinas o motores síncronos en paralelo con las cargas inductivas o capacitivas, para compensar la potencia reactiva y mejorar el Factor de Potencia del sistema eléctrico [1][2][3][4][5]. Las cargas no lineales como los variadores de frecuencia y las cargas inductivas consumen potencia activa y reactiva, y requieren de una corrección del Factor de Potencia para reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia del sistema [6][7][8][9].

El Factor de Potencia es una medida crucial de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica, y su corrección es esencial para reducir el consumo de energía reactiva, minimizar las pérdidas y mejorar la calidad del suministro eléctrico [10].

Las normas para corregir el Factor de Potencia varían según el país, la región, la compañía eléctrica y el tipo de cliente. Una norma general es establecer que el Factor de Potencia mínimo aceptable suele ser de 0.9 o 0.95, medido en un periodo mensual o anual [11]. En El Salvador los reglamentos que se aplican a la corrección del Factor de Potencia son El Código de Red y Las Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución, los cuales establecen los criterios y procedimientos para el control de la calidad del servicio comercial, técnico y del producto técnico, así como las compensaciones por daños económicos o a equipos, artefactos o instalaciones. [12][13].

Este proyecto aborda la problemática de la corrección del Factor de Potencia usando tecnologías de procesamiento de señales digitales y software que facilitan la integración con el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en la nube; así mismo permite el monitoreo y el análisis de datos de diferentes variables eléctricas como voltaje, corriente, desbalance de voltaje, desbalance de corriente, Factor de Potencia, potencia activa, reactiva y aparente.

El sistema desarrollado incluye un monitor de variables eléctricas basado en LabVIEW [14], que se comunica con un PLC S71200 a través del protocolo MODBUS TCP/IP [15]. Este enfoque innovador no solo optimiza el consumo de energía y la calidad del suministro eléctrico, sino que también proporciona una herramienta didáctica para la formación de estudiantes en el campo de la ingeniería eléctrica.

Desarrollo

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto se ejecutó utilizando el diseño experimental, llevando a cabo diferentes actividades:

a) Diagnóstico de las instalaciones eléctricas y las cargas en el Centro Regional de ITCA FEPADE Santa Ana; se tuvo el propósito de identificar las cargas que más efectos tienen en el Factor de Potencia y poder diseñar un sistema de control automático para corregir el Factor de Potencia y monitorear variables eléctricas en instalaciones de baja tensión.

b) Diseño del sistema de corrección automática del Factor de Potencia. Con los insumos obtenidos de la etapa de diagnóstico, se diseñó el sistema tomando en cuenta elementos innovadores que no incluyen los equipos para corrección del Factor de Potencia que se ofrecen en el mercado.

c) Implementación del sistema. Esta etapa comprende las siguientes fases:

1. Acondicionamiento de instalación eléctrica para el montaje de equipos.
2. Instalación de red de comunicaciones.
3. Armado de tablero de control.
4. Realizar pruebas piloto del sistema de corrección del Factor de Potencia en baja tensión en una parte del Centro Regional de ITCA-FEPADE Santa Ana, para verificar su correcto funcionamiento y su adecuación a las condiciones reales.

A. Diseño

El diseño del sistema de corrección automática del Factor de Potencia se basó en el Controlador de Energía Reactiva BR 6000 de la marca EPCOS (Fig. 1).

El controlador automático BR 6000 es un dispositivo avanzado diseñado para la corrección del Factor de Potencia en sistemas eléctricos. Este controlador ofrece una amplia gama de funciones y características que optimizan la eficiencia energética y mejoran la calidad del suministro eléctrico [16]. A continuación, se detallan sus principales características y funcionalidades:

Características Principales:

- **Medición de Corriente.** El BR 6000 realiza mediciones precisas de la corriente mediante transformadores de intensidad. Es esencial asegurar que la corriente consumida pase a través de estos transformadores para obtener lecturas exactas.
- **Programación de la Corrección de Fase.** Permite ajustar la corrección de fase entre la tensión y la corriente de medición, lo cual es crucial para mantener la precisión en la compensación del Factor de Potencia.
- **Salida de Alarma y Mensajes de Error.** El controlador está equipado con un contacto de alarma que se activa en caso de errores, mostrando mensajes específicos en el display para facilitar la identificación y resolución de problemas.
- **Modos de Funcionamiento.** Incluye varios modos de operación, como el modo automático, programación, modo manual, servicio y modo experto. Cada modo ofrece diferentes funcionalidades para la gestión y control del sistema.

- **Visualización de Parámetros de Red.** En el modo automático, el BR 6000 muestra diversos parámetros de la red, como tensión, corriente, energía reactiva, energía activa, energía aparente, frecuencia, temperatura, y armónicas.

El controlador muestra varios parámetros de la red, almacena sus diferentes valores y cuenta con una opción de rutina de prueba que facilita el análisis de errores y el monitoreo del sistema. Dispone de una inicialización automática que reduce al mínimo la puesta en marcha.

El controlador funciona para una tensión de servicio de 220 VAC ($\pm 15\%$), una tensión de medida de 30 a 525 VAC (L-N) o (L-L), 50/60 Hz y una corriente de medida de 5 A ó 1 A programable. Para tensiones de servicio diferentes se requiere un transformador de tensión.

Como un elemento diferenciador y para poder digitalizar los datos, se integró un monitor de variables eléctricas basado en software. Para ello, se emplearon dos dispositivos de adquisición de datos DAQ NI USB-6009 y se diseñó un tablero de instrumentos virtual utilizando LabVIEW 2022. La arquitectura del monitor se basó en el modelo mostrado en la Fig. 2.

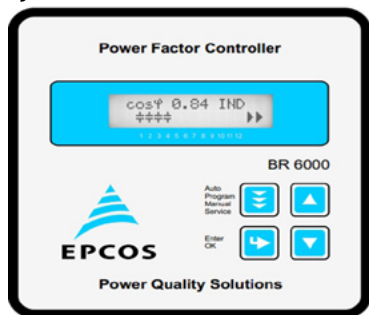


Fig. 1: Vista frontal de BR 6000.

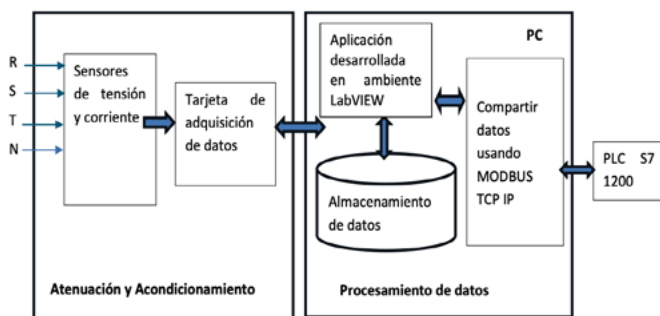


Fig. 2: Arquitectura del sistema de monitoreo.

B. Desarrollo del monitor de variables eléctricas

El monitor de variables eléctricas desarrollado con LabVIEW se divide en tres ventanas principales. La primera ventana, ilustrada en la Fig.3, corresponde al monitor de corriente, voltaje y desbalance. Esta ventana permite visualizar las señales eléctricas trifásicas en un gráfico rectangular, proporcionando una representación clara y detallada de las mismas. Además, se indican los valores de voltaje y corriente para las fases A, B y C, lo que facilita el seguimiento y análisis de cada fase individualmente. Un aspecto importante de

esta ventana es la capacidad de visualizar el desbalance de voltaje y corriente de la instalación trifásica que se está monitoreando, lo cual es necesario para identificar y corregir posibles problemas de desequilibrio en el sistema.

La segunda ventana, mostrada en la Fig. 4, se centra en el monitor de fasores y potencia eléctrica. Esta ventana permite visualizar los fasores de voltaje y corriente correspondientes a las fases A, B y C del sistema trifásico que se está midiendo. La representación de los fasores es fundamental para entender la relación de fase entre las diferentes señales eléctricas. Además, en esta ventana se puede apreciar la Potencia Activa, Aparente y Reactiva, así como el Factor de Potencia presente durante la medición. El algoritmo realizado en LabVIEW que permite realizar los cálculos de estas variables se muestra en la Fig. 5. Estos parámetros son necesarios para evaluar la eficiencia energética del sistema y para realizar ajustes que optimicen el consumo de energía.

Todo el sistema se agrupa en una pantalla principal, como se muestra en la Fig. 6, desde la cual se puede acceder a todas las ventanas que conforman el monitor de variables eléctricas. La integración de todas las funcionalidades en una única interfaz centralizada mejora la usabilidad del sistema, permitiendo a los usuarios navegar fácilmente entre las diferentes ventanas y acceder rápidamente a la información que necesitan. Esta organización intuitiva y eficiente del monitor de variables eléctricas desarrollado con LabVIEW, asegura que los usuarios puedan realizar un seguimiento detallado y preciso de las condiciones eléctricas del sistema trifásico.

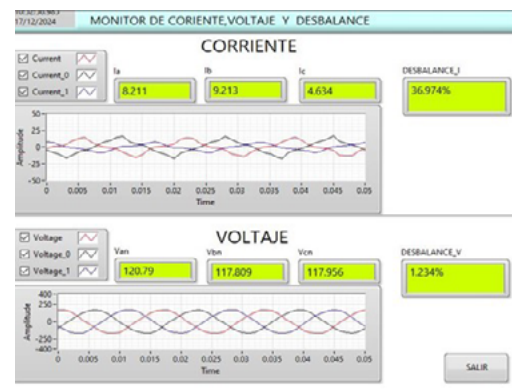


Fig. 3: Monitor de corriente, voltaje y desbalance.

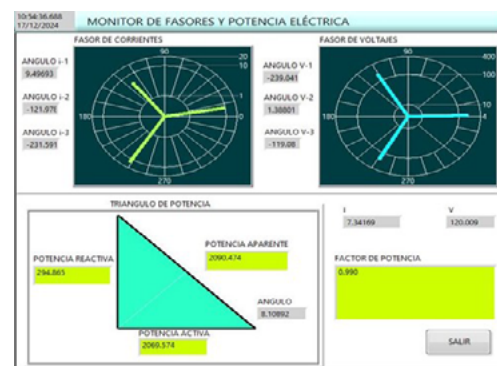


Fig. 4: Monitor de fasores y potencia eléctrica.

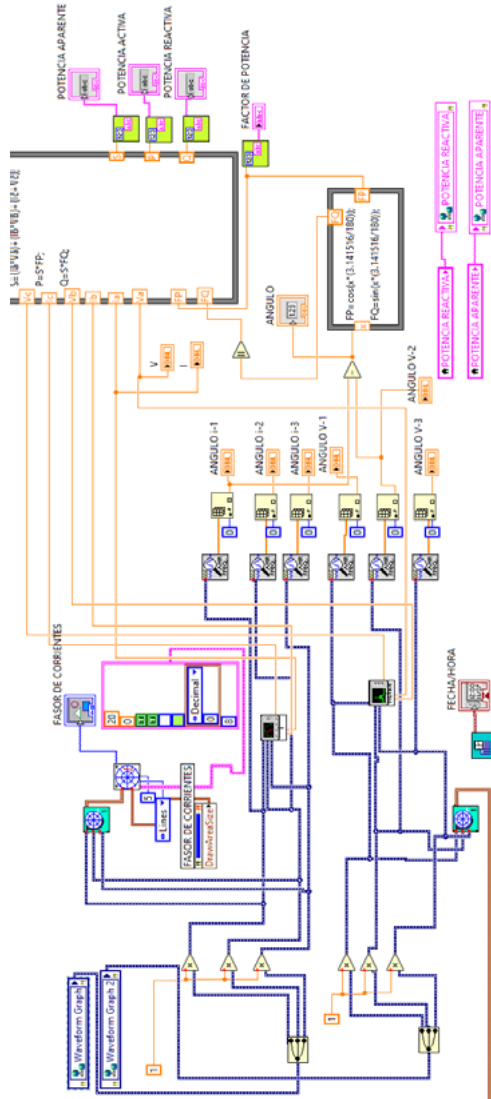
Fig. 5: Algoritmo en LabVIEW para el cálculo de F_p , Q , P y S .

Fig. 6: Pantalla principal del monitor de variables eléctricas.

C. Implementación del sistema

Para el diseño e implementación del sistema, se construyó un Panel de Control Automático Fig. 7, que contiene todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, basándose en el diagrama de montaje eléctrico de la Fig. 8. Este panel incluye una variedad de elementos esenciales, tales como dispositivos de

protección, sistemas de control, equipos de medición y visualización y mecanismos para la descarga de capacitores. Además, se integraron las tarjetas DAQ NI USB-6009, que son fundamentales para la adquisición de datos y el controlador de corrección del Factor de Potencia BR 6000, que optimiza la eficiencia energética del sistema. El diseño del Panel de Control fue cuidadosamente planificado para asegurar una disposición lógica y accesible de todos los componentes, facilitando su operación y mantenimiento.



Fig. 7: Panel de Control Automático y pantalla LabVIEW.

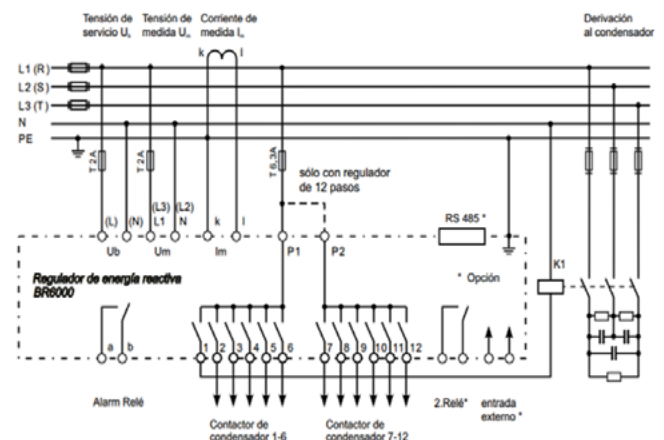


Fig. 8: Diagrama de montaje eléctrico.

Resultados

A. Datos obtenidos

Con el objetivo de validar el sistema desarrollado, se realizó un muestreo exhaustivo del tablero eléctrico instalado en el Centro de Cómputo Dos (CC2). Para ello, se tomaron un total de 1483 muestras, con una tasa de 60 por minuto. El resultado del proceso se presenta de manera detallada en las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

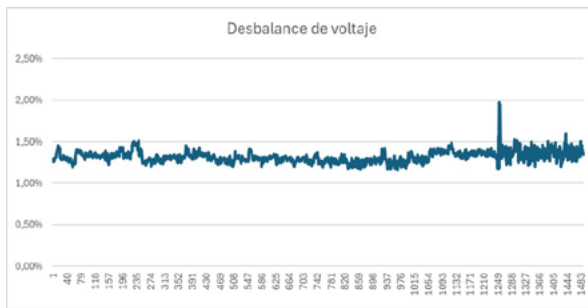


Fig. 9. Desbalance de voltaje.

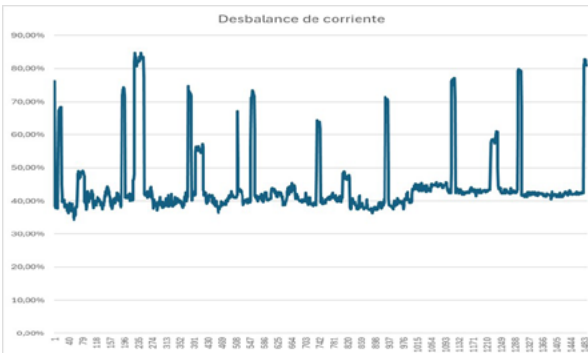


Fig. 10. Desbalance de corriente.

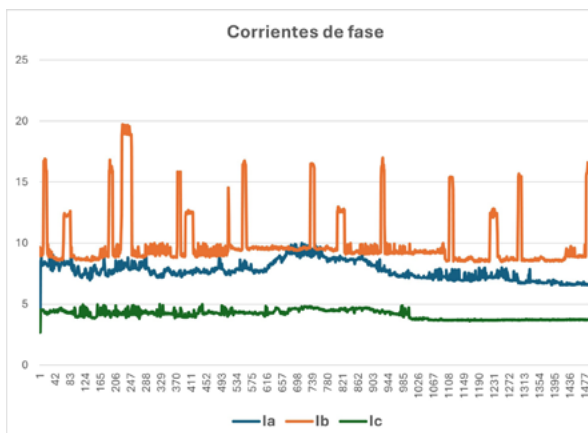


Fig. 11. Factor de Potencia medido en el tablero eléctrico del Centro de Computo 2 CC2.

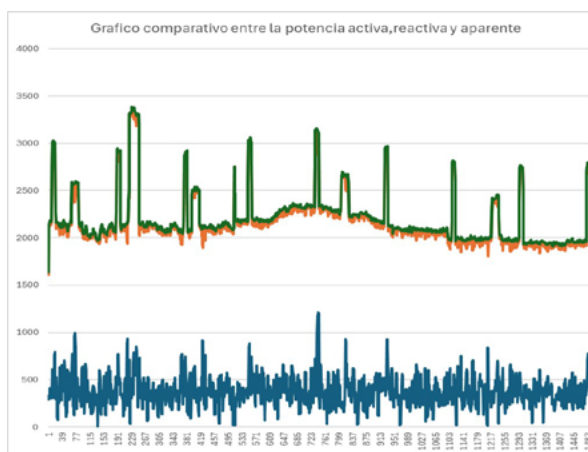


Fig. 12. Gráfico comparativo de la Potencia Activa, Reactiva y Aparente de las cargas instaladas en el CC2.

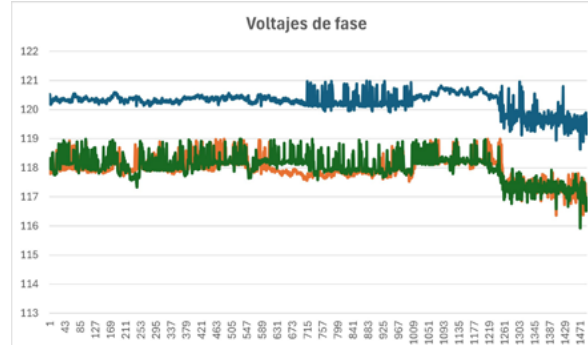


Fig. 13. Desbalance de voltajes en el tablero eléctrico del CC2.

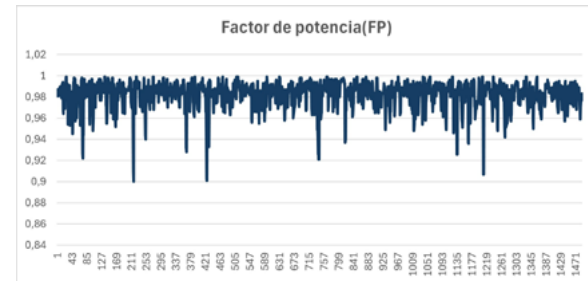


Fig. 14. Desbalance de corrientes en el tablero eléctrico del CC2.

B. Análisis de resultados

La digitalización permite el análisis de los datos de voltajes, corrientes, potencias y desbalances del tablero eléctrico. Esto permite verificar si los valores medidos están dentro de los parámetros aceptados o si existen desviaciones que deben ser corregidas. La herramienta desarrollada en el proyecto de investigación facilita el análisis de las variables eléctricas de interés. A continuación, se presenta el análisis detallado:

Voltajes: Van, Vbn, Vcn.

- Van. Los valores de voltaje de la fase A están dentro del rango esperado para un sistema de 120V. No se observan fluctuaciones significativas que puedan indicar problemas.
- Vbn. Los valores de voltaje de la fase B también están dentro del rango esperado y son consistentes con los de la fase A.
- Vcn. Los valores de voltaje de la fase C son similares a los de las fases A y B, lo que indica un buen equilibrio de voltaje entre las fases.

Corrientes: Ia, Ib, Ic.

- Ia. Las corrientes de la fase A muestran variaciones que pueden estar relacionadas con cambios en la carga conectada. No se observan picos anormales que puedan indicar sobrecargas, lo que sugiere un funcionamiento estable y dentro de los parámetros aceptables.
- Ib. Las corrientes de la fase B presentan un patrón en el que, a intervalos regulares, se observan picos de corriente. Inicialmente

esto podría sugerir una anomalía; sin embargo, al verificar, se identificó que en la fase B está conectado el centro de cómputo de la regional de ITCA Santa Ana.

El sistema de enfriamiento de este centro de cómputo demanda más energía durante los periodos en los que necesita ajustar la temperatura. Los picos de corriente observados se deben a la corriente de arranque de los ventiladores del sistema de enfriamiento, lo cual es un comportamiento esperado y no indica un problema.

- **Ic.** Las corrientes de la fase C no presentan valores anómalos y están en línea con las cargas conectadas en esta fase. Esto indica un funcionamiento normal y estable, sin signos de sobrecargas o fluctuaciones inusuales.

Potencia

- **Factor de Potencia FP.** Un Factor de Potencia cercano a 1 es ideal. Los valores observados de alrededor de 0.98 son buenos y están dentro de un rango aceptable.

Desbalances

- **Desbalance de Voltaje.** Los valores de desbalance de voltaje son bajos, son inferiores al 2% lo que indica un buen equilibrio de voltaje entre las fases.
- **Desbalance de Corriente.** Los valores de desbalance de corriente presentan variaciones, pero no muestran picos significativos que puedan indicar problemas graves. Estas variaciones se deben a que las cargas conectadas fluctúan a lo largo del tiempo, lo que dificulta mantener un desbalance de corriente estable. Durante el periodo observado, se verificó que el desbalance de corriente estaba fuera del parámetro aceptado; sin embargo, esto se debe a que, en el momento de las mediciones, no se estaba utilizando toda la carga instalada en el Centro de Cómputo 2 (CC2).

C. Análisis del impacto económico derivado de la implementación del sistema de corrección del Factor de Potencia.

El análisis se basa en una muestra de 1483 datos recopilados durante un periodo específico. Aunque esta muestra ofrece una visión preliminar del comportamiento del sistema, se recomienda extender la recolección de datos a un periodo mínimo de un año, con el fin de incorporar variaciones estacionales y otros factores que podrían influir en el rendimiento y en el impacto económico del sistema.

Resultados del análisis. Los datos obtenidos revelan un Factor de Potencia promedio de 0.98, lo cual indica un funcionamiento altamente eficiente, cercano al valor ideal de 1.0. No se registraron periodos en los que el Factor de Potencia FP, estuviera por debajo de 0.9, lo que implica que no se aplicaron penalizaciones por bajo rendimiento energético.

D. Manual Técnico del Módulo Didáctico para la Corrección del Factor de Potencia y Monitoreo de Variables Eléctricas en Baja Tensión

El manual presenta las instrucciones detalladas para el uso de un módulo didáctico diseñado con fines educativos y técnicos, orientado a la corrección automática del Factor de Potencia y al monitoreo de variables eléctricas en instalaciones de baja tensión. El sistema tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia energética y proporcionar datos precisos sobre el comportamiento eléctrico de los sistemas analizados.

Descripción del Módulo Didáctico

El módulo está compuesto por tres elementos principales que interactúan de manera integrada:

- **Controlador automático.** Este componente regula el Factor de Potencia mediante la conexión y desconexión de bancos de condensadores, ajustando dinámicamente la compensación de energía reactiva según las condiciones del sistema.
- **Sensores de monitoreo.** Incorporan dispositivos de medición que registran variables eléctricas clave como voltaje, corriente y potencia activa/reactiva. Estos datos permiten evaluar el rendimiento del sistema en tiempo real.
- **Interfaz de usuario.** Proporciona un entorno gráfico para la visualización de parámetros eléctricos y la configuración del sistema. Facilita la interacción del usuario con el módulo, permitiendo ajustes operativos y análisis de datos.

Conclusiones

1. El uso de tecnologías avanzadas de visualización de datos permite un monitoreo y control eficiente de las variables eléctricas, las cuales se han integrado y se visualizan en un monitor basado en LabVIEW y comunicación con un PLC S7 1200 mediante MODBUS TCP/IP. Este diseño ha facilitado la gestión en tiempo real y la toma de decisiones informadas.
2. El sistema desarrollado no solo ha cumplido con los objetivos técnicos del proyecto, sino que también ha proporcionado una valiosa herramienta didáctica para la formación de estudiantes en el campo de la ingeniería eléctrica. La posibilidad de realizar prácticas relacionadas con la Calidad de la Energía y la Corrección del Factor de Potencia en un entorno real, enriquece el proceso educativo y fomenta la investigación aplicada.
3. La implementación del sistema de corrección del Factor de Potencia ha demostrado ser una inversión valiosa, para eliminar las penalizaciones y mejorar la eficiencia energética de la red eléctrica. Esto se traduce en ahorros económicos directos y en una operación más sostenible y confiable del sistema eléctrico del Centro Regional.

4. Es importante continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas y algoritmos para la corrección del Factor de Potencia y el monitoreo de variables eléctricas. La integración de Inteligencia Artificial IA y Aprendizaje Automático ML, podría mejorar la precisión y la eficiencia del Sistema de Control Automático para Corrección del Factor de Potencia y Monitoreo de Variables Eléctricas en Instalaciones de Baja Tensión, abriendo nuevas oportunidades para la innovación en el campo de la ingeniería eléctrica.

Referencias

- [1] Ortea Next. "Sistemas de corrección del Factor de Potencia en baja tensión". Accedido: 10 feb., 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.orteanext.com/es/productos/sistemas-de-correccion-del-factor-de-potencia-de-baja-tension/>
- [2] A. Gordillo Solano, "Corrección de Factor de Potencia en baja tensión", Informe del trabajo de aplicación. Fac. de Tec. Carr. De Elec. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-tecnologica-nacional/mediciones-electricas/correccion-factor-de-potencia-en-baja-tension/17996035>
- [3] Electricity & Magnetism. "4 tipos de métodos de corrección de Factor de Potencia eléctrica más comunes", Accedido: 10 feb., 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.electricity-magnetism.org/es/4-tipos-de-metodos-de-correccion-de-factor-de-potencia-electrica-mas-comunes/>
- [4] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, "Guía técnica de aplicación: Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja tensión", 2003 <https://www.studocu.com/es/document/universidad-politecnica-de-madrid/electrotecnia/guia-tecnica-de-aplicacion-instalaciones-de-enlace-prevision-de-cargas-para-suministros-de-baja-tension/21542389>
- [5] R. L. Boylestad y L. Nashelsky, Introducción al Análisis de Circuitos, 12ª ed., Ciudad de México, México: Pearson Educación, 2016.
- [6] YT ELECTRIC. "Cargas eléctricas de CA, cargas no lineales, armónicos y filtros". Accedido: 10 feb. 2025. [en línea]. Disponibel en: https://es.ytelect.com/blog/understanding-ac-electrical-loads-linear-vs-non-linear_b79
- [7] A. M. López, "Clasificación de las cargas no lineales", Cuadros Comparativos, 2019. <https://grupomobilitymurcia.es/clasificacion-de-las-cargas-no-lineales/>
- [8] Electrica Aplicada. "¿Qué son cargas no lineales, qué problemas generan y que dice la Norma?". Accedido: 10 feb. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://electricaplicada.com/cargas-no-lineales/>
- [9] Arqhys.com. "Tipos de cargas eléctricas". Accedido: 10 feb. 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.arqhys.com/decoracion/tipos-de_cargas_electricas.html
- [10] Electricity-Magnetism. "Corrección del Factor de Potencia: 4 Métodos Comunes". Accedido: 10 feb.2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.electricity-magnetism.org/es/4-tipos-de-metodos-de-correccion-de-factor-de-potencia-electrica-mas-comunes/>
- [11] Risoul.RS. "Normativas en Factor de Potencia con el Código de Red". Accedido: 10 mar. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.risoul.com.mx/blog/normativas-en-factor-de-potencia-con-el-codigo-de-red>
- [12] SIGET, Código de Red, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.aes-elsalvador.com/es/manual-tecnico-y-comercial-para-electricistas>
- [13] ANTECH El Salvador. "Recargos en la factura bajo factor de potencia". Accedido: 10 mar. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.antechsv.com/2018/02/recargo-en-las-facturas-por-bajo-factor.html>
- [14] National Instruments Corp. "Leáme LabVIEW 2022 Q3 para Windows". Accedido: 12 abr. 2025. Jul. 2022. [Online]. Available in : <https://www.ni.com/pdf/manuals/lv-2022-q3.html>
- [15] Scribd. "Modbus TCP/IP Implementation Guide". Accedido: 12 abr. 2025. [Online]. Available in: <https://goo.su/tlweAb>
- [16] TDK Electronics AG, User Manual for BR6000 Power Factor Controller, Version 5.2, March 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.mgi.com.uy/images/pdf/epcos/BR6000.pdf>