RECITES

Revista Ciencia, Tecnología & Sociedad

Web page: https://revistas.unsxx.bo/index.php/RCTSXX

Dirección General de Investigación

Universidad Nacional "Siglo XX"

Short Communication

Evaluación técnica de medidores eléctricos monofásicos en redes de baja tensión

Technical assessment of single-phase electricity meters in low-voltage distribution networks

Evaristo Pairo Maraza[1]*

[1] Universidad Nacional "Siglo XX", Carrera de Ingeniería Eletromecánica, Llallagua, Bolivia

* Autor de correspondencia: evaristopairomaraza@gmail.com

Received: 30 June 2026. Accepted: 20 October 2026. Published: 21 November 2026.

Abstract

The aim of the research was to evaluate the technical and operational conditions of single-phase connections and characterize low-voltage electricity meters in Llallagua, Siglo XX, and Golfo, in northern Potosí, Bolivia. A quantitative approach was adopted, with a non-experimental, observational design and descriptive-comparative scope. Through field inspections and structured technical sheets, 2,006 records were collected and analyzed using descriptive statistics in R. The results showed that the installations have different installation height criteria, with about 65% in Llallagua and 69% in Siglo XX, while in Golfo, 66% show some regularity in the installation criteria. The coaxial cable was predominant in Llallagua and Siglo XX, and the duplex in Golfo. Likewise, differences were identified in the age of the meters. These findings help guide technical inspections, connection regularization, and planning for technological renewal, without establishing unverified metrological errors.

Keywords: Single-phase service connections; electricity meters; low voltage; installation conditions; technical inspection.

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar las condiciones técnicas y operativas de las acometidas monofásicas y caracterizar los medidores de energía eléctrica de baja tensión en Llallagua, Siglo XX y Golfo, norte de Potosí, Bolivia. Se adoptó un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, observacional y alcance descriptivo-comparativo. Mediante inspecciones de campo y fichas técnicas estructuradas, se recopilaron 2.006 registros, analizados mediante estadística descriptiva en R. Los resultados mostraron que las instalaciones están a diferentes criterios de altura de instalación aproximadamente el 65 % en Llallagua y el 69 % en Siglo XX, mientras que en Golfo el 66 % tienen cierta regularidad en el criterio de instalación. El cable concéntrico predominó en Llallagua y Siglo XX, y el dúplex en Golfo. Asimismo, se identificaron diferencias en la antigüedad de los medidores. Estos hallazgos contribuyen a orientar inspecciones técnicas, regularización de acometidas y planificación de la renovación tecnológica, sin establecer errores metrológicos no verificados.

Keywords: Acometidas monofásicas; medidores de energía eléctrica; baja tensión; condiciones de instalación; inspección técnica.

Introducción

Las acometidas eléctricas de baja tensión, son cruciales para el suministro de energía a los usuarios. Por ello, sus condiciones de instalación y conservación son determinantes para garantizar la seguridad, confiabilidad y calidad del servicio eléctrico. En Bolivia, el diseño y la construcción de estas instalaciones se rigen por la **Norma Boliviana NB 777**. Su actualización, la **NB 777-1:2024**, establece los principios fundamentales y las características generales de las instalaciones eléctricas de baja tensión (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad **[IBNORCA], 2024a**). Además, la planificación y operación de los sistemas de distribución deben considerar la seguridad de las instalaciones, la confiabilidad de la infraestructura y las condiciones de funcionamiento de sus componentes (**Gönen, 2014**).

En el municipio de Llallagua, la infraestructura de distribución eléctrica refleja su evolución urbana y el desarrollo histórico de las actividades minera y universitaria. Esto se manifiesta en la coexistencia de medidores de diferentes marcas, tecnologías y años de fabricación, así como en distintas configuraciones constructivas de las acometidas eléctricas. Esta heterogeneidad hace indispensable contar con información técnica sistematizada para identificar y describir las condiciones de las instalaciones, comparar sus características entre sectores y reconocer posibles necesidades de adecuación. En este sentido, el Reglamento de Calidad de Distribución de Electricidad y las disposiciones de la Resolución AE N.º 675/2014 son referentes regulatorios para la supervisión y el control del servicio eléctrico en Bolivia.

En este contexto, la presente investigación evaluó las condiciones técnicas y operativas de las acometidas monofásicas y caracterizó los medidores de energía eléctrica de baja tensión instalados en los sectores de Llallagua, Siglo XX y Golfo. Para ello, se analizaron 2.006 registros obtenidos mediante inspecciones de campo, considerando variables como la antigüedad, marca y tecnología de los medidores, la altura de instalación y el tipo de cable de las acometidas. La información se procesó con estadística descriptiva para identificar características predominantes, diferencias entre sectores y posibles desviaciones de los criterios técnicos aplicables.

A partir de lo expuesto, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la situación técnica y operativa de las acometidas monofásicas y cuáles son las principales características de los medidores de energía eléctrica instalados en los sectores de Llallagua, Siglo XX y Golfo? La respuesta permite generar, un diagnóstico de las condiciones actuales de estas instalaciones y aportar evidencia técnica para orientar los procesos de inspección, regularización, mantenimiento y renovación de los sistemas de medición eléctrica, contribuyendo a mejorar la seguridad y confiabilidad de la infraestructura de distribución de baja tensión.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo, no experimental, observacional y descriptivo-comparativo. Donde se evaluó, las condiciones técnicas de las acometidas monofásicas y los medidores de baja tensión en los distritos de Llallagua, Siglo XX y Golfo, ubicadas en el municipio de Llallagua, Potosí, Bolivia. Las inspecciones se realizaron durante el segundo trimestre de 2025, sin intervenir en las instalaciones ni en el funcionamiento de los equipos.

Población y muestreo

La población de interés incluyó las acometidas monofásicas y los medidores gestionados por la Empresa Municipal de Electricidad de Llallagua (EMDELL). Se utilizó un muestreo no probabilístico intencional, determinado por la accesibilidad durante el acompañamiento al personal encargado de las lecturas mensuales. Se obtuvieron 2.006 registros completos, distribuidos de la siguiente manera: Llallagua (n = 1.698), Siglo XX (n = 81) y Golfo (n = 227). Es importante destacar que los resultados se limitan a las instalaciones inspeccionadas y no son estadísticamente representativos de toda la población.

Instrumento y procedimiento

Se empleó una ficha estructurada para registrar información mediante observación directa y verificación de datos existentes. Los datos recabados incluyeron el código de identificación, marca, tipo y año de fabricación del medidor, tipo de cable, altura de montaje y estado físico observable. El procedimiento abarcó la coordinación institucional, la inspección de campo, la sistematización y depuración de registros incompletos, inconsistentes o duplicados, y la consolidación de la base de datos para el análisis. No se realizaron intervenciones en las instalaciones ni pruebas metrológicas.

Recites 2026; 4(2): https://doi.org/10.70598/revcts.4b832p

Análisis estadístico

Los datos se procesaron en R mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias para variables categóricas y medidas de tendencia central para variables cuantitativas. Se compararon las características de las instalaciones entre sectores y se contrastaron con los criterios técnicos y normativos aplicables. La ausencia de ensayos eléctricos y metrológicos limitó la determinación de errores de medición, subregistro y pérdidas de energía, así como el establecimiento de relaciones causales.

Resultados

Los resultados muestran diferencias en las condiciones técnicas de las acometidas monofásicas y los sistemas de medición eléctrica entre Llallagua, Siglo XX y Golfo, principalmente en la altura de instalación, el tipo de cable y la antigüedad de los medidores. Según la **Figura 1A** las instalaciones con criterios de altura no uniformes representan aproximadamente el 65 % en Llallagua y el 69 % en Siglo XX; en contraste, Golfo presenta un 66 % de uniformidad. En cuanto al tipo de cable (**Figura 1B**), el conductor dúplex predomina en Golfo (94 %), mientras que el concéntrico presenta mayor frecuencia en Llallagua (74 %) y Siglo XX (69 %). Estas diferencias evidencian distintas configuraciones de las acometidas; sin embargo, el tipo de conductor por sí solo no determina su conformidad técnica, la cual depende de sus características eléctricas y condiciones de instalación. Respecto a la antigüedad de los medidores (**Figura 1C**), Siemens presenta los mayores valores centrales, ABB una antigüedad intermedia y Eletra los menores. Nansen muestra una distribución heterogénea, con equipos de antigüedad elevada. Esta variabilidad refleja la coexistencia de distintas generaciones tecnológicas, aunque la antigüedad por sí sola no permite establecer el deterioro funcional ni la pérdida de precisión de los equipos.

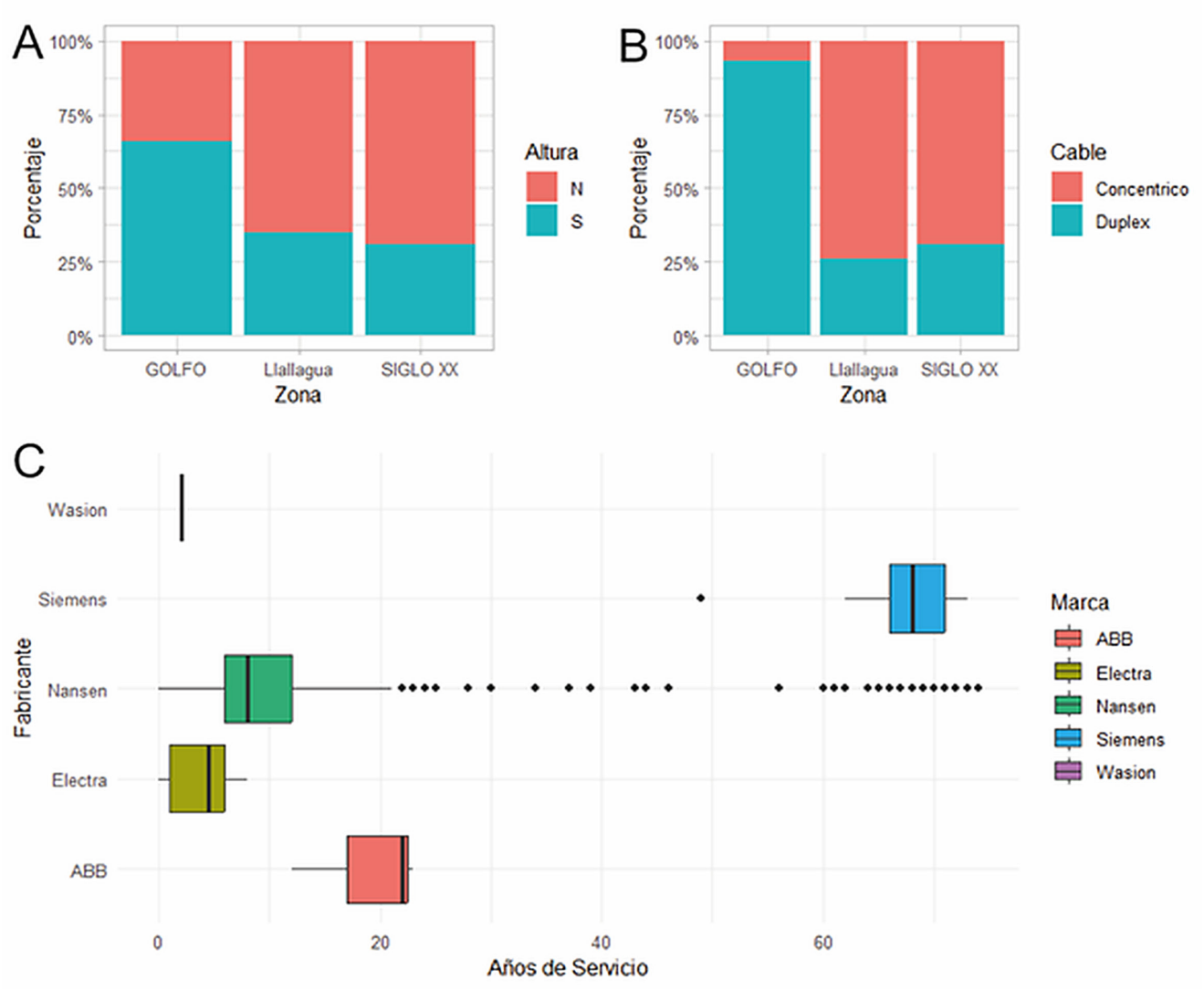

Figura 1. Análisis comparativo de las características de las acometidas y sistemas de medición: (A) distribución porcentual del tipo de cable de acometida según sector (B) años de servicio según fabricante; (C) distribución porcentual de la altura de instalación según sector

Discusión

Las diferencias observadas en la altura de instalación de las cajas de medición evidencian una posible aplicación de criterios técnicos y empíricos en el montaje de las acometidas durante diferentes periodos. El predominio de la categoría N en Llallagua (65 %) y Siglo XX (69 %), frente a la categoría S en Golfo (66 %), podría relacionarse con la antigüedad de las instalaciones, las características constructivas de las viviendas y las prácticas de montaje. Esta variabilidad justifica implementar acciones de adecuación progresiva de las instalaciones existentes y garantizar que las nuevas acometidas cumplan los requisitos de altura y accesibilidad de la NB 777-1:2024, considerando las especificaciones de las cajas establecidas en la NB 148001-1:2008 (**IBNORCA, 2008a, 2024a**).

Respecto a los conductores, el cable concéntrico predominó en Llallagua (74 %) y Siglo XX (69 %), mientras que el dúplex alcanzó el 94 % en Golfo. Estas diferencias podrían responder a la disponibilidad comercial de materiales, los criterios de selección y suministro, las prácticas históricas de instalación y los procesos de ampliación o sustitución de acometidas. Sin embargo, su frecuencia de utilización no determina su idoneidad técnica, que depende de la sección, capacidad de conducción, aislamiento y condiciones de instalación (**Gönen, 2014; IBNORCA, 2024a**).

En cuanto a los medidores, Siemens presentó mayores valores centrales de antigüedad, ABB valores intermedios, Eletra menor antigüedad y Nansen una amplia dispersión, evidenciando diferentes generaciones tecnológicas. **Gălbău et al. (2025)** destacan la utilidad de los datos procedentes de medidores inteligentes y los métodos de agrupamiento para identificar patrones de calidad de tensión en redes de baja tensión. Complementariamente, **Jimenez y Will (2026)** demuestran que la planificación estratégica de la instalación de medidores inteligentes puede contribuir al equilibrio de cargas mediante una asignación optimizada de recursos. Estos estudios respaldan la importancia de disponer de información técnica actualizada para mejorar la gestión de las redes eléctricas. En consecuencia, los resultados obtenidos permiten orientar inspecciones, mantenimiento y renovación tecnológica; no obstante, la antigüedad no demuestra deterioro funcional ni errores metrológicos, cuya determinación requiere ensayos específicos.

Conclusión

Las 2.006 acometidas monofásicas y medidores de energía eléctrica de Llallagua, Siglo XX y Golfo, presentan diferencias en las condiciones de instalación, los tipos de conductores y la antigüedad de los equipos. La altura de instalación, muestra variabilidad en Llallagua (65 %) y Siglo XX (69 %), mientras que Golfo registra mayor uniformidad (66 %). El cable concéntrico, predomina en los dos primeros sectores y el dúplex en Golfo. Asimismo, los medidores Siemens presentan mayores valores centrales de antigüedad, mientras que los Nansen registran mayor dispersión. Estas características, constituyen criterios técnicos para priorizar inspecciones, mantenimiento y renovación de equipos; sin embargo, no permiten establecer errores metrológicos ni cuantificar pérdidas de energía eléctrica.

Declaración de conflictos de interés

No existen conflictos de interés en la publicación.

Contribución del autor

E.P.M.: conceptualización, diseño metodológico, coordinación del trabajo de campo, análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.

Agradecimientos

El autor agradece a la Empresa Municipal de Electricidad de Llallagua (EMDELL) por facilitar el acceso a información técnica y las inspecciones de campo. Asimismo, reconoce la colaboración del personal técnico, lecturadores y estudiantes de cuarto año, gestión 2025, en la recopilación y sistematización de los registros en especial de los estudiantes: Quispe Canaviri Jose Alex, Rivera Zamadio Luis Fernando, Salas Vilacita Braian Ariel.

Referencias

Gönen, T. (2014). Electric power distribution engineering (3rd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/B16455

Jimenez, V. A., & Will, A. (2026). Minimal investment installation planning of smart meters for load balancing using a data-driven approach. International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 15(1), 45–61. https://doi.org/10.12720/sgce.15.1.45-61

Gălbău, S., Grigoraș, G., & Neagu, B. (2025). unsupervised learning-based methodology to analyze the voltage quality in the low-voltage electric distribution networks. EMERG - Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, 2(01). https://doi.org/10.37410//emerg.2025.2.01

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2008a). NB 148001-1:2008. Instalaciones eléctricas en baja tensión—Parte 1: Cajas—Especificaciones técnicas, clasificación y métodos de ensayo. IBNORCA. https://www.ibnorca.org/shop/norma/nb/3007

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2024a). NB 777-1:2024. Diseño y construcción de instalaciones eléctricas en baja tensión—Parte 1: Definiciones, principios fundamentales, determinación de las características generales. IBNORCA. https://www.ibnorca.org/shop/norma/nb/3907

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2024b). NB 777-2:2024. Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión—Parte 2: Protecciones en instalaciones eléctricas en baja tensión. IBNORCA. https://www.ibnorca.org/shop/norma/nb/3908

Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. (2012). Electrical power systems quality (3rd ed.). McGraw Hill. https://www.mheducation.com/highered/mhp/product/electrical-power-systems-quality-third-edition.html

Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad. (2014, 22 de diciembre). Resolución AE N.º 675/2014: Anexo A. Estado Plurinacional de Bolivia. https://calidad.aetn.gob.bo/centinela2/tools/AE_R_675_14.pdf