

Relación existente entre la calidad del servicio de energía eléctrica y la sostenibilidad económica en una electrificadora de Colombia (2018-2020)

Juan Carlos López Cardona ¹
Universidad Autónoma de Manizales
juanc.lopezc@autonoma.edu.co

Daniel Osorio Barreto ²
Universidad Autónoma de Manizales
dosorib@autonoma.edu.co

DOI:

Fecha de recepción: 09 de enero de 2024
Fecha de aprobación: 07 de marzo de 2024



Cómo citar este artículo: Osorio Barreto, D.; López Cardona, J.C. (2024). Relación existente entre la calidad del servicio de energía eléctrica y la sostenibilidad económica en una electrificadora de Colombia (2018-2020). *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (96), (páginas). DOI:

Resumen

La principal razón de esta investigación es la existencia de pocos estudios que traten en un mismo objetivo el vincular los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica, tales como la prestación y las pérdidas, junto con la necesidad de entender cada día más la amplitud del concepto de sostenibilidad a nivel corporativo. Se propone una investigación mixta, basada en la información disponible en la electrificadora objeto de estudio en el periodo de 2018-2020. Lo anterior, con el fin de complementar los hallazgos descriptivos y relacionales de la lógica cuantitativa asociada a la caracterización de las pérdidas de energía y los indicadores de prestación de servicio, de la mano del abordaje cualitativo asociado a la identificación de relaciones existentes entre las deficiencias en la calidad del servicio y la sostenibilidad económica, a partir de los resultados obtenidos para la electrificadora acorde al *dow jones sustainability index* (DJSI). Los resultados arrojaron que, si bien desde los datos analizados no se encontró una correlación entre las variables técnicas y de sostenibilidad, el trabajo de campo indicó que se debe ahondar más en el estudio específico de estas variables u otras no incluidas, ya que desde lo empírico-experimental sí se pueden apreciar relaciones entre prestación y pérdidas, y de ellas con la sostenibilidad vista como un todo y no como dimensiones independientes.

Palabras clave: *system average interruptions duration index* (SAIDI); *system average interruption frequency index* (SAIFI); indicador de pérdidas totales (IPT); sostenibilidad.

¹M.C. en Ingeniería. Especialista en Gerencia Estratégica de Proyectos. Candidato a MBA. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1295-1530>

²M.C. en Economía. Profesor titular del Departamento de Administración y Economía. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0848-6394>

Existing relationship between the quality of the electricity service and economic sustainability in an electricity company in Colombia (2018-2020)

Abstract

The main reason for this research is the scarcity of studies that simultaneously aim to link service quality indicators in the electrical energy sector—such as service provision and energy losses—with the growing need to understand the broad scope of sustainability at the corporate level. A mixed-methods research approach is proposed, based on the available data from the electricity company under study during the period 2018-2020. This approach seeks to complement the descriptive and relational findings of the quantitative analysis—focused on characterizing energy losses and service performance indicators—with a qualitative perspective that explores the relationships between deficiencies in service quality and economic sustainability. This qualitative aspect is grounded in the company's performance in the Dow Jones Sustainability Index (DJSI). The results revealed that, although no direct correlation was found between technical variables and sustainability based on the analyzed data, fieldwork suggested that further in-depth study of these or other variables not initially considered is necessary. Empirical and experimental evidence indicates that relationships do exist between service provision, energy losses, and sustainability when viewed as an integrated whole rather than as separate dimensions.

Keywords: System average interruptions duration index (SAIDI); system average interruption frequency index (SAIFI); total losses index (IPT); sustainability.

1. Introducción

Uno de los desafíos globales de mayor envergadura está asociado al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos desde la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2015. Específicamente, el ODS 7 titulado “energía asequible y no contaminante”, exhorta a dinamizar las apuestas de sostenibilidad y calidad que participan en el mercado de energía eléctrica alrededor del mundo, como motor del crecimiento y desarrollo económico de los países.

Actualmente, Colombia cuenta con 29 empresas prestadoras del servicio público de energía eléctrica, las cuales se encargan de ejecutar el principio de cobertura. Si bien la cobertura hoy tiene un grado de madurez importante, si se hace una regresión de 10 años hay un reto mayúsculo en la calidad de la prestación del servicio, ya que lo que esperan y exigen todos los usuarios es un servicio con la menor cantidad de interrupciones y que, ante la presencia de fallas, el restablecimiento se realice lo más rápido posible. Esto se refleja en actualizaciones de la arquitectura institucional de este sector, como el Decreto 570 de 2018.

Lo anterior, va en consonancia con los hallazgos para América Latina identificados por Weiss *et al.* (2021), quienes identifican mejoras en la continuidad del servicio eléctrico como dinamizador del crecimiento económico, con una arquitectura institucional que propende por elevar los indicadores de calidad. En consonancia, para el caso de Colombia, Blanco-Camargo *et al.* (2020), utilizando modelos de series de tiempo multivariadas, encuentran una relación directamente proporcional entre crecimiento económico, consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono para el periodo 1971-2014.

Por otro lado, los sistemas regionales administrados por los agentes distribuidores y comercializadores, ha adolecido del fenómeno del hurto de energía, según Córdoba (2001), definido como un delito en la legislación colombiana, donde los usuarios, mediante la manipulación de las redes de distribución y de los equipos de medida, buscan alterar los consumos registrados para pagar menos a las empresas prestadoras. Esto se denomina “pérdidas de energía”.

Partiendo de la premisa “el suministro y uso sostenible de energía para el mayor beneficio de todas las personas”, establecido por el World Energy Council (WEC) como tema de impacto mundial en el 2021, la idea de investigación del presente estudio nace en el seno de los procesos operativos de una electrificadora colombiana, ubicada en el departamento del Tolima, donde día a día se trabaja para optimizar los niveles de calidad del servicio, mejorando los indicadores que miden la prestación, aumentando el nivel de aceptación de los clientes y reduciendo los niveles de pérdidas que afectan los ingresos de la compañía y la operación del sistema. En detalle, la pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cuál ha sido la relación existente entre la calidad del servicio de energía eléctrica y la sostenibilidad económica del negocio en una empresa electrificadora en el mercado del departamento del Tolima desde 2018 a 2020? En la figura 1, el elemento de la intersección (β) representa la relación entre las variables de calidad y la sostenibilidad, y será el elemento que permitirá dar respuesta a la pregunta de investigación.

Figura 1. Planteamiento del problema



Fuente. Elaboración propia.

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación propuesta, el presente trabajo propone los siguientes objetivos: a) caracterizar las pérdidas de energía y los indicadores de prestación del servicio en el periodo de análisis para las diferentes zonas del Tolima; b) identificar las relaciones entre las deficiencias en la calidad del servicio y la sostenibilidad económica del negocio. El cumplimiento de los objetivos de este estudio se traduce en una gestión de la innovación al interior de la compañía, en pro de nuevos modelos que permitan optimizar los procesos para obtener mejores resultados. De igual manera, hacer cada día más sostenible económicamente el negocio se verá reflejado, indudablemente, en rentabilidad corporativa e impulsará el desarrollo regional.

La electrificadora objeto de este estudio atiende el mercado de un departamento de la zona centro colombiana, la cual desde que inicia sus operaciones en 2019 se traza dos metas principales: partir en dos la historia de la calidad del servicio de energía eléctrica en el departamento mediante el aumento de inversión consciente y operativa de mantenimiento; y, por otro lado, reducir al máximo las pérdidas de energía con su presencia en todo el departamento. Diferentes puntos de vista técnicos y académicos han sugerido que tanto la prestación del servicio como las pérdidas de energía son variables de calidad, y en esa línea serán tratadas en este trabajo para asociarlas con la sostenibilidad económica y poder encontrar su relación.

Es acertado afirmar que el problema de la calidad del servicio no es ajeno a ningún operador de red en Colombia, teniendo en cuenta que la calidad depende de muchos factores, como la ruralidad y dispersión de los mercados, el clima en las diversas zonas geográficas, la condición de los activos eléctricos y las inversiones, los compartimientos sociales, culturales y las voluntades políticas o de los inversionistas. Hoy los promedios en los indicadores de medición (duración SAIDI y frecuencia SAIFI) están significativamente por encima de las métricas de otros países de la región.

En la región analizada en los últimos 2 años la calidad del servicio ha mejorado; sin embargo, la brecha aún se debe reducir para llegar a los valores de la media nacional y, en especial, a valores que la empresa tiene en otros lugares del país. A nivel nacional, el departamento analizado ha estado entre los indicadores de calidad del servicio más críticos, según información extraída de los informes anuales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2017, 2018, 2019, 2020). Así, el sentido de esta investigación emana precisamente de la necesidad de mejora de la calidad del servicio y la pertinencia de hacer sostenible económicamente el negocio, ya que para que la empresa pueda tener mejoras importantes en la prestación del servicio y reducción de las pérdidas, se deben hacer grandes inversiones.

Por otra parte, el comportamiento de las pérdidas de energía es un factor de análisis permanente en las empresas prestadoras del servicio a nivel mundial, como indican Costa-Campi *et al.* (2018), debido al impacto económico que conlleva este fenómeno, ya que es energía que se debe comprar para suplir la demanda, pero que no se obtiene ningún pago por su consumo. En este sentido, es determinante la cultura de pago, el hurto en las diferentes zonas del departamento y el factor socioeconómico, teniendo en cuenta el costo del servicio.

El indicador de pérdidas totales (IPT) para la electrificadora, calculado mediante lo dispuesto en la Resolución CREG 015 de 2018 (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2018), indicó que para el cierre de 2019 el valor fue de un 15,85 %, asegurando el cumplimiento del primer año de la senda de reducción que la empresa presentó al regulador, para en 10 años llegar a un indicador del 11,9 %.

En la búsqueda de literatura, se ha podido observar que falta profundizar en el vínculo presuntivo entre variables técnicas, con elementos tan importantes hoy como la sostenibilidad. Allí se encuentra la novedad más importante de este trabajo, y está asociada a tratar temas poco explorados en conjunto. Por otra parte, la utilidad está estrechamente relacionada con las empresas del sector eléctrico colombiano, de tal manera que dinamice la toma de decisiones informada a nivel estratégico, acorde al mercado y el proceso de transición energética. Finalmente, la pertinencia es clara para la academia, el sector y sus *stakeholders* en el marco de los nuevos retos del mercado energético en un marco de sostenibilidad.

Una vez abordado el planteamiento del problema, la sección 2 presenta un panorama general sobre el mercado de energía eléctrica, como antesala a los conceptos identificados en la revisión de literatura de la sección 3. Posteriormente, la sección 4 trata de los elementos centrales de la metodología propuesta, seguido de la sección 5 que describe los principales resultados a la luz de los objetivos propuestos. Finalmente, la sección 6 realiza una discusión de los resultados obtenidos, a partir del contexto y el marco teórico propuesto, para cerrar con las conclusiones de la investigación.

2. Panorama del mercado de energía eléctrica en Colombia

La siguiente figura muestra un resumen de la composición del sector eléctrico en Colombia.

Figura 2. Mapa del sector eléctrico en Colombia



Fuente. Elaboración propia.

El ciclo de vida de la energía eléctrica está caracterizado por 4 procesos principales: generación, transmisión o transporte, distribución y comercialización; y en ese entorno se han desarrollado empresas y entidades encargadas de administrar, operar, vigilar y regular cada eslabón de la cadena de valor. En Colombia, el mercado de la energía eléctrica se ha denominado por muchos años como un monopolio; sin embargo, el comportamiento del sector demuestra que estamos ante un oligopolio, donde pocas empresas tienen el dominio del mercado (Acero, 2012).

Los sucesos acontecidos en el país iniciando el siglo XX relacionados con el sistema eléctrico, quedarán en la memoria de todas las personas que vivieron en esta época. Resulta relevante lo descrito por Galán y Pollitt (2014), cuando de contextualizar los hechos se trata, teniendo en cuenta que para 1994 el país vivía una situación compleja desde muchos puntos de vista (violencia social, pobreza, entre otros), y tener que soportar las deficiencias en la prestación del servicio de energía eléctrica por parte de la mayoría de los agentes resultaba insostenible. Las empresas de electricidad en su mayoría eran propiedad del Estado, y la poca eficiencia administrativa, operativa y financiera se tradujo en una condición técnica inaceptable (Sandoval, 2004).

Lo que se vivía en Colombia no era ajeno a lo que se presentaba en otros países de la región. Como se puede observar en Pollitt (2008), se destaca el ejemplo de Argentina como uno de los primeros países suramericanos en entender que se requería una reforma en el sector eléctrico, seguido por Chile en una cruzada por garantizar el desarrollo social y económico; así mismo, Perú apalancó su desarrollo económico en la optimización del sistema eléctrico (Pérez-Reyes y Tovar, 2009). El Estado colombiano y sus asesores internacionales tomaron como base de la reforma el esquema exitoso del Reino Unido, conocido por ser pionero en el desarrollo de los mercados y la infraestructura eléctrica.

La reforma en el país comenzó a dar luces con la Constitución Política de Colombia (CPC) en 1991, donde se incluyeron elementos de libre competencia, con la única premisa de tener eficiencia y calidad en la prestación de los servicios públicos, fuere cual fuere este (electricidad, alcantarillado, gas), y quedaba en manos del Estado únicamente la supervisión,

regulación y control de las empresas prestadoras (Asamblea Nacional Constituyente, 1991, Artículo 365). Esto abrió la puerta a que muchas empresas se privatizaran.

Más adelante se suscriben las leyes 142 y 143 de 1994, llamadas “Ley de Servicios Públicos y Ley de Electricidad”, respectivamente. Se dio un primer paso con apariencia de salto cuántico, y se conoce como “La Reforma de 1994”.

La Ley 142 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y nace la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) como ente de control para las empresas prestadoras de servicios de acueducto, alcantarillado, aseo y energía eléctrica (Congreso de Colombia, 1994a).

Por su parte, la Ley 143 establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, y se determina incluir dentro del Plan de Desarrollo anual disposiciones que permitan fortalecer el sector eléctrico año a año (Congreso de Colombia, 1994b).

Adicionalmente, se definen con mayor rigor las competencias del Ministerio de Minas y Energía (MME), reestructurado en 1992; nace la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) como la evolución de la antigua Comisión Nacional de Energía y, finalmente, nace la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), encargada de expedir las regulaciones, determinar las políticas y definir los asuntos tarifarios del sector, obligaciones que en el pasado se encontraban adscritas al Departamento Nacional de Planeación (Sandoval, 2004).

3. Revisión de literatura

A partir de las reformas de finales del siglo XX, la calidad del servicio adquiere una relevancia particular desde dos aristas. En primer lugar, desde una perspectiva de la prestación en términos de frecuencia en la ocurrencia de las interrupciones (FIU, posteriormente SAIFI), así como de la duración de dichas interrupciones (DIU, posteriormente SAIDI) (Comisión de regulación de Energía y Gas - CREG, 2002; Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG,

2018). En segundo lugar, en términos de operación eficiente del sistema enfocado en las pérdidas de energía, las cuales se pueden presentar por dos vías: de tipo técnico (propias del sistema) y de tipo no técnico (por factores exógenos como la intervención del hombre) (Devi *et al.*, 2022).

Estos factores afectan directamente a los agentes prestadores del servicio y a sus usuarios, y son variables no deseadas del sistema, ya que afectan la capacidad de operación, especialmente las pérdidas. Resulta de utilidad el aporte hecho por López-Cariboni (2018) en su estudio, donde busca correlacionar ciclos económicos con las pérdidas de energía, y concluye que estas son fuertemente contracíclicas en las democracias como Colombia. Desde la reforma se ha buscado mitigar el efecto de las pérdidas en el sistema interconectado nacional. Sin embargo, Colombia presenta niveles por encima de las medias en la región.

Al interior de las empresas del sector eléctrico se ha promovido el estudio investigativo en temas relacionados con la calidad del servicio. Muestra de ello es el ejercicio realizado por Vargas Jiménez (2015), donde expone un estudio de indicadores de prestación en redes de distribución enfocado a la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC).

Por otro lado, están las pérdidas no técnicas, que son las que se considerarán en este estudio, y que se presentan por comportamientos indebidos de los usuarios, tales como hurtos, manipulación de las redes o intervención de los equipos de medición para su registro alterado y no pagar lo que realmente consumen. Por su impacto en las empresas y en la sociedad, se ha estudiado desde la perspectiva de la economía del crimen, como lo plantean Pulido Castrillón y Avendaño Ordóñez (2014).

Con el objeto de mitigar los efectos de las pérdidas no técnicas, la tecnología de los equipos de medición y en sí misma la configuración del sistema como tal, ha evolucionado. Muestra de ello son los esfuerzos que se emplean para implementar sistemas de seguridad para los medidores inteligentes, los cuales se instalan masivamente hoy en Colombia, y que para 2030 se encontrarán en el 70 % de los clientes en las zonas urbanas del país (Sáenz, 2015). Aun así, las modalidades de hurto han ido a la par del desarrollo tecnológico.

En línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y adentrándose en otros campos organizacionales, al interior de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en Colombia se ha hablado de responsabilidad social desde mucho tiempo atrás. Nunca había tomado tanta fuerza como hoy, cuando el ser humano es el centro de la organización y el enfoque al cliente. La UNESCO menciona que el concepto de sostenibilidad surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo a inicios de la década del 2000 (Macedo, 2005). Hoy se logra entender el término como la evolución de las definiciones de desarrollo sostenible y responsabilidad social, la cual, en principio, estaba más enfocada a la mitigación de impactos.

La sostenibilidad es entonces una visión de largo plazo que busca contribuir a la solución de retos globales en materia económica, social y ambiental, y busca una operación responsable con el ambiente, el entorno, las personas y las comunidades. Así pues, vista desde la esfera de los negocios enmarcados en las políticas monetarias actuales, como es el caso de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica, la sostenibilidad se mide en términos de la eficiencia de sus operaciones, y sus respectivos impactos en las dimensiones ambiental, social y económica (Smith y Zapata, 2000).

Resulta interesante analizar las diferentes metodologías que se tienen en cuenta en algunas empresas para reportar los resultados organizaciones cada año, entre las que se destacan: *global reporting initiative* (GRI), *sustainability accounting standards board* (SABS) y, por último, *task force climate-related financial disclosures* (TCFD).

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de las empresas es generar valor y hacerlo sostenible en el tiempo, diferentes trabajos se han preocupado por estudiar esta variable desde sus tres dimensiones (ambiental, social y económica). Específicamente, Soroush *et al.* (2021), empleando un enfoque de análisis estocástico, analizaron 107 empresas italianas del sector eléctrico, con el fin de demostrar que aquellas que tienen un mejor control sobre la corrupción interna, gobierno corporativo y enfoque en el ciudadano (cliente) tienden a ser más rentables y sostenibles en el tiempo. En el mismo año, Muller y Rego (2021), presentaron los resultados aplicados a las empresas distribuidoras de electricidad en Brasil privatizadas

entre 1995 y 2000, demostrando que la privatización de las empresas ayuda a mejorar los indicadores de prestación, pérdidas y rentabilidad.

En el ámbito empresarial alejado de la energía, también se han efectuado estudios para analizar la sostenibilidad económica, tal como ocurre en Machen *et al.* (2021), donde los autores plantean un criterio que resulta interesante para evaluar la sostenibilidad económica de un negocio. Por otra parte, Correa-García *et al.* (2020), investigaron los elementos que influyen en la calidad de los informes de sostenibilidad en conglomerados empresariales latinoamericanos. Los hallazgos indican que la concentración de poder en estos grupos tiene un impacto adverso en la calidad de los informes de sostenibilidad.

Finalmente, De Oliveira Ventura *et al.* (2020), compararon las soluciones implementadas en Suramérica para reducir las pérdidas no técnicas, presentando un índice de correlación con la calidad del servicio, aunque el enfoque está dirigido hacia el ámbito regulatorio, siendo un referente de gran valía para dar respuesta a la pregunta de investigación propuesta.

La tabla 1 resume la revisión de literatura que, desde un contexto global, ha ayudado a dar sustento a esta investigación.

Tabla 1. Resumen de los principales trabajos revisados

Núcleo temático	Referencia	Fuente	Ideas principales
CPS.	Kumar <i>et al.</i> (2022).	<i>World Development.</i>	Los autores se centran en la intermitencia de los servicios públicos (agua y electricidad) y profundizan en sus diversas dimensiones, incluyendo variables socioeconómicas. Toman como base un caso urbano en la India, y argumentan que no basta con tener presencia si no se corrige la intermitencia.
S.	Sorouch <i>et al.</i> (2021)	<i>Energy Economics.</i>	Empleando un enfoque de análisis estocástico, se presenta el estudio a 107 empresas italianas del sector eléctrico, con el fin de demostrar que aquellas que tienen un mejor control sobre la corrupción interna, gobierno corporativo y enfoque en el ciudadano (cliente), tienden a ser más rentables.
CPS, PE.	Kennedy <i>et al.</i> (2019)	<i>Energy Policy</i>	Se parte de la hipótesis de que a “las variables que hacen propenso el pago por la conexión del servicio de electricidad” no se les ha prestado la suficiente atención. Utilizando datos de la India rural y empleando el modelo de selección de Heckman, los autores presentan un estudio de la incidencia de la calidad en la prestación del servicio sobre la cultura de pago de los clientes.

Núcleo temático	Referencia	Fuente	Ideas principales
CPS, S, PE.	Muller y Rego (2021).	<i>Energy Policy.</i>	En este estudio se presentan los resultados del análisis estadístico hecho a las empresas distribuidoras de electricidad en Brasil, privatizadas entre 1995 y 2000. Se demuestra que la privatización de las empresas ayuda a mejorar los indicadores de prestación, pérdidas y rentabilidad.
CPS.	Deng <i>et al.</i> (2018).	<i>Utilities Policy.</i>	En 2002 se presentó en China la llamada "reestructuración de la electricidad". Se presenta en este artículo el resultado del análisis a 31 empresas del sector, para demostrar que la reestructuración favoreció la evolución en términos técnicos, impactando positivamente la calidad en la prestación del servicio, aunque se menciona que la variable climática sigue siendo un factor determinante.
CPS, PE.	Mirza <i>et al.</i> (2021).	<i>Utilities Policy.</i>	En 1998, se inició en Pakistán la reforma al sector eléctrico. Sin embargo, el modelo regulatorio basado en tasa de rendimiento y no en un modelo de incentivos ha frenado la evolución del sistema. Aun después de la reforma, el mercado pakistaní se sigue viendo afectado por apagones, mala calidad en la prestación, pérdidas y cartera corriente elevada.
CPS, S.	Yao <i>et al.</i> (2021).	<i>Utilities Policy.</i>	Considerando el alto nivel de penetración de energías renovables en China, los autores muestran su preocupación sobre el impacto en la calidad del servicio. También mencionan que, contrario a la expectativa, el alto nivel de energía procedente de fuentes no convencionales no afecta significativamente el precio de la electricidad. De esta manera, basados en la teoría de juegos de Stackelberg, proponen un modelo para obtener estrategias de equilibrio para los <i>stakeholders</i> .
CPS.	Landegren <i>et al.</i> (2019).	<i>International Journal of Critical Infrastructure Protection.</i>	Considerando el impacto que tienen las fallas en el suministro de energía, desde una pequeña molestia para un cliente, pérdidas económicas importantes en la industria o una amenaza real contra la salud y la seguridad, se plantea un estudio de caso desarrollado en una ciudad de Suecia, donde se profundiza sobre el sistema Styrel, el cual plantea una prestación diferencial en momentos de escasez, donde se prioriza la atención de clientes según su nivel de importancia para la sociedad. Sin embargo, se evidencian falencias cuando se requiere.
CPS.	Santos Neto <i>et al.</i> (2022).	<i>Energies.</i>	El objetivo principal de este estudio es aplicar modelos de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales, y basados en covarianza, para evaluar la satisfacción de los consumidores residenciales de electricidad. Compara los resultados de ambos modelos e indica el que mejor se ajusta al problema de medición de satisfacción.
PE, S.	Hamidan y Borousan (2022).	<i>Journal of Energy Storage.</i>	Uno de los temas de investigación más fuerte desde hace algunos años en el sector energético es el de almacenamiento. En ambos textos los autores buscan demostrar la potencialidad que tiene este concepto para la reducción de pérdidas de energía, y el aumento de la confiabilidad de los sistemas eléctricos en un ambiente de cero emisiones.
PE, S.	Monteiro <i>et al.</i> (2018).	<i>Energy.</i>	

Núcleo temático	Referencia	Fuente	Ideas principales
CPS, PE.	Anteneh <i>et al.</i> (2021).	<i>Computers and Electrical Engineering.</i>	Los autores plantean que la reconfiguración de sistemas es una de las herramientas más adecuadas para reducir pérdidas de energía y mejorar la confiabilidad de las redes. Se presenta un caso de estudio en Etiopía que, simulado en MATLAB, plantea también mejoras para los indicadores SAIDI y SAIFI.
PE, S.	Farshchian <i>et al.</i> (2020).	<i>Energy.</i>	Empleando la técnica de laboratorio DEMATEL, expertos técnicos e investigadores iraníes desarrollan un caso de estudio en Teherán. Tienen en cuenta las pérdidas técnicas como el segundo criterio de clasificación y las vinculan en un análisis de competitividad.
PE.	Bretas <i>et al.</i> (2020).	<i>Electric Power Systems Research.</i>	Con base en el estimador de mínimos cuadrados, los autores presentan una propuesta ambiciosa para los comercializadores, que consiste en la simulación de pérdidas no técnicas en redes de distribución. Si se tiene en cuenta que la simulación generalmente contempla únicamente las pérdidas técnicas, resulta ser una alternativa de interés.
PE.	Hota <i>et al.</i> (2022).	<i>Electric Power Systems Research.</i>	Los autores desarrollan un modelo donde la generación distribuida juega un papel interesante y apoya el control de las pérdidas en este tipo de escenarios.
CPS, PE.	De Oliveira Ventura <i>et al.</i> (2020).	<i>Utilities Policy.</i>	Este trabajo tiene como objetivo comparar las soluciones implementadas en Suramérica para reducir las pérdidas no técnicas. Presenta un índice de correlación con la calidad del servicio, aunque el enfoque está dirigido hacia el ámbito regulatorio.
PE, S.	Sadiq <i>et al.</i> (2022).	<i>Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science.</i>	Los autores plantean la importancia de los sistemas de distribución balanceados como una estrategia para el control de pérdidas técnicas. Los ahorros que obtienen vía reducción de pérdidas se pueden emplear en expansión y nuevas inversiones.
S.	Machen <i>et al.</i> (2021).	<i>Rangelands.</i>	En un ámbito diferente al objeto de la investigación, los autores plantean un criterio que resulta interesante para evaluar la sostenibilidad económica de un negocio.
S.	Sartori <i>et al.</i> (2017).	<i>Energy Policy.</i>	Teniendo en cuenta cuestiones ambientales, económicas y sociales, este documento tiene como objetivo evaluar el desempeño de la industria eléctrica brasileña en términos de su desempeño sostenible.
S, CPS.	Saint Akadiri <i>et al.</i> (2020).	<i>Science of the Total Environment.</i>	Con la ubicación geográfica estratégica de Turquía y los desafíos de degradación ambiental y energética del país, este estudio intenta investigar los vínculos entre las emisiones de carbono, el consumo de electricidad, el crecimiento económico y la globalización en Turquía durante el periodo 1970-2014.

Núcleo temático	Referencia	Fuente	Ideas principales
S.	Correa-García <i>et al.</i> (2020).	<i>Journal of Cleaner Production.</i>	Este artículo tiene como objetivo estudiar los factores que influyen en la calidad de los informes de sostenibilidad en conglomerados empresariales latinoamericanos. Los hallazgos indican que la concentración de poder en estos grupos tiene un impacto adverso en la calidad de los informes de sostenibilidad.
S, CPS.	Thaler y Hofmann (2022).	<i>Political Geography.</i>	Se desarrolla el concepto de una trinidad energética imposible (IET), que postula que muchos estados no pueden lograr simultáneamente la seguridad energética, la sostenibilidad y la soberanía.
S.	Kim <i>et al.</i> (2022).	<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews.</i>	Este estudio presenta un nuevo diseño de proceso para la producción económica de FDCA a partir de biomasa lignocelulosa. La economía del proceso se maximiza mediante la introducción de un método eficaz de fraccionamiento de biomasa basado en subsistemas de separación y conversión catalítica.
S.	Liu <i>et al.</i> (2012).	<i>Procedia Environmental Sciences.</i>	En este estudio se desarrolló un modelo de gestión de energía y carbón acoplado inexactamente con restauración ecológica y mitigación de contaminantes. El modelo desarrollado se aplicó a un problema de planificación del sistema de gestión de energía y carbón acoplado a largo plazo, para apoyar la sostenibilidad ecoambiental regional en el norte de China.

Nota. CPS: calidad en la prestación del servicio. PE: pérdidas de energía eléctrica. S: sostenibilidad.

Fuente. Elaboración propia.

4. Metodología

Se propone una investigación mixta, basada en la información disponible en la electrificadora objeto de estudio en el periodo de tiempo 2018-2020. Lo anterior, con el fin de complementar los hallazgos descriptivos y relacionales de la lógica cuantitativa asociada a la caracterización de las pérdidas de energía y los indicadores de prestación de servicio, de la mano del abordaje cualitativo asociado a la identificación de relaciones existentes entre las deficiencias en la calidad del servicio y la sostenibilidad económica, a partir de los resultados obtenidos para la electrificadora acorde al *dow jones sustentability index* (DJSI). Para medir la dimensión económica de la sostenibilidad se empleó la información suministrada por el DJSI complementada con otras metodologías tales como: *global reporting initiative* (GRI), Consejo de Normas de Contabilidad de Sostenibilidad (SABS) y la *task force climate-related financial disclosures* (TFCD).

Teniendo en cuenta que, para medir la prestación del servicio, se pueden tener en cuenta dos perspectivas (corporativa y de percepción), en este trabajo se consideró únicamente el punto de vista corporativo. En este orden de ideas, se tomaron como base los indicadores de duración y frecuencia de fallas para medir la calidad en la prestación. De igual manera, para evaluar el otro elemento de calidad por considerar se tomó como base el indicador de pérdidas totales de la compañía, calculado con información oficial reportada al regulador. De manera detallada, la tabla 2 sintetiza las variables y fuentes empleadas.

Tabla 2. Resumen de variables

Núcleo	Variable	Indicador y medición	¿Cómo se obtiene?	Referencia
(C).	Duración de interrupciones.	Esta variable se mide a través del indicador SAIDI, que significa: "Duración promedio de las interrupciones percibidas por el usuario".	Este índice indica la duración total de la interrupción para el cliente durante un periodo de tiempo predefinido. Se mide comúnmente en minutos u horas de interrupción. Matemáticamente, está dado por la siguiente ecuación: $SAIDI = \frac{\sum \text{Duración interrupciones}}{\text{Número total de clientes}}$	IEEE (2012). Gómez y Suárez (2017). Fiesco Salinas (2018).
(C).	Frecuencia de interrupciones.	Esta variable se mide a través del indicador SAIFI, que significa: "Cantidad de veces promedio que se presenta una interrupción para un usuario".	El índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema indica la frecuencia con que el cliente experimenta una interrupción prolongada durante un periodo de tiempo predefinido. Matemáticamente, está dado por la ecuación: $SAIFI = \frac{\sum \text{Número total de clientes sin servicio}}{\text{Número total de clientes}}$	Muñoz y Hurtado (2018).
(C).	Pérdidas de energía.	Esta variable se mide a través del indicador IPT, que significa: "Indicador de pérdidas totales".	El Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) debe aplicar la metodología definida en el numeral 7 de la Resolución CREG 015 de 2018. Matemáticamente, está dado por las siguientes ecuaciones: En resumen, lo que se esquematiza es la diferencia entre las entradas y salidas de energía dentro de unos valores reconocidos como admisibles. $IPT_{j,t} = \frac{PT_{j,t}}{\sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (Ee_{j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} FsOR_{j,n,m}}$ $PT_{j,t} = \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (Ee_{j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} Es_{j,n,m}$	Maldonado y Cando (2018). López-Cariboni (2018). Sánchez y Morales (2000). Asencio (2020).
(S).	Sostenibilidad.	Esta variable se mide a través del indicador DJSI.	La forma como se calcula este indicador es desconocida.	Barreuzeta-Unda y Paz González (2017). Garzón y Ibarra (2014).

Nota. (C): calidad del servicio, (S): sostenibilidad.

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, el plan de análisis propuesto para el abordaje de los resultados se sintetizó en 2 pasos. En primer lugar, para la caracterización de las variables que se definieron como representativas para esquematizar el comportamiento de la calidad del servicio (prestación y pérdidas), primero se tomó la información de fuentes disponibles por la organización en el marco de tiempo 2018-2020 (mensual). Esta información contempló los datos oficiales reportados a las entidades de regulación y control, es decir, las cifras oficiales con las que se calcularon los indicadores de evaluación nacional. En segundo lugar, se buscó correlacionar los datos técnicos con el indicador de sostenibilidad económica extraído de DJSI, con el fin de determinar grados de influencia en sus comportamientos a lo largo del tiempo.

5. Resultados

Con el fin de abordar de forma lógica esta sección, las subsecciones contempladas están asociadas a los objetivos de investigación propuestos. De manera general, para dar respuesta a la pregunta de investigación, se optó por la herramienta de correlación de Pearson, en donde las variables técnicas SAIDI, SAIFI, IPT y las variables con las cuales se puede medir la sostenibilidad son cuantitativas, según los reportes que la empresa analizada ha realizado a mediciones internacionales, como es el caso de DJSI y *standard y poor's* para sus mediciones de riesgo. Como primer hallazgo relevante se pudo evidenciar que en la empresa objeto del estudio, si bien se identifican claramente las 2 dimensiones de la sostenibilidad (económica, ambiental y social), no es común que se traten de forma individual. Por el contrario, hablar de sostenibilidad implica tener valor en las dimensiones mencionadas.

5.1. Resultados del análisis de correlación entre prestación del servicio y pérdidas de energía por zonas (suroriente y centro norte)

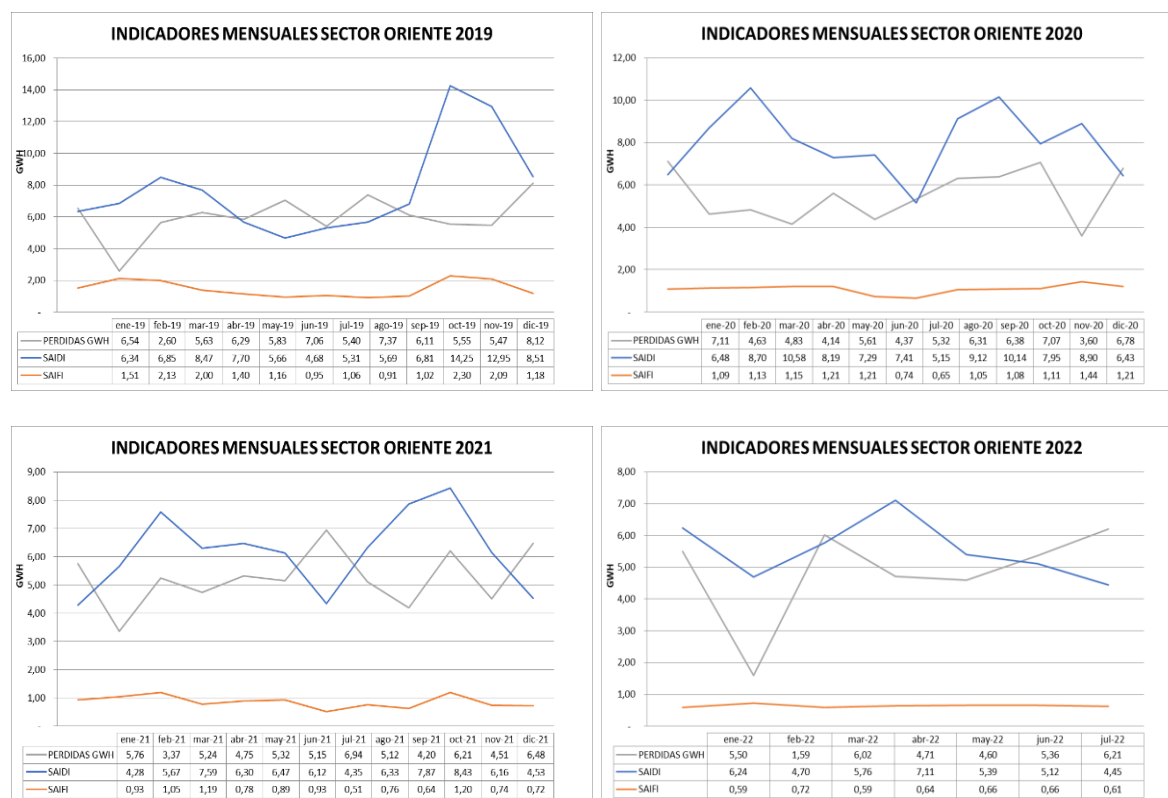
5.1.1. Zona suroriente

La zona suroriente del departamento analizado está compuesta por 26 municipios. Es la segunda más grande en cantidad de clientes y contempla vías de relevancia nacional. En cuanto al clima, se refiere a una zona calurosa, lo cual induce al alto consumo de energía por

la instalación de aire acondicionado en el sector residencial. Es la zona que presenta los inviernos más fuertes, ya que las tormentas en planicies y vientos de gran fuerza ocasionan la caída de la infraestructura eléctrica y un aumento de las indisponibilidades.

Año tras año se muestra la dinámica de las variables de calidad, que en primera medida muestran una correlación entre las variables de pérdidas y SAIDI, como se aprecia en la figura 3.

Figura 3. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis



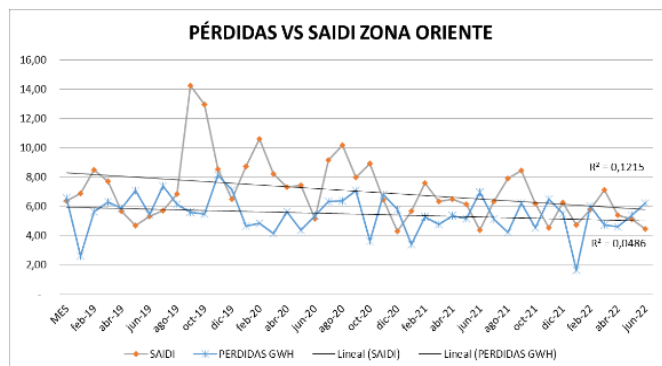
Fuente. Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris), para esta zona desde enero de 2019, presentó una tendencia acumulada a la reducción, y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtiene un valor de 0,0486. Lo anterior corresponde a los planes agresivos que se han desarrollado desde la llegada de la empresa al departamento, y es de las 4 zonas la que mayor recuperación de energía ha presentado.

En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja), que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se pudo apreciar que en 2019 la duración era superior debido a la condición de los activos en la zona. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión y la duración de las interrupciones ha mejorado notablemente. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 14 horas; para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo, ubicándose en 4:45 horas en promedio. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1215.

Finalmente, el SAIFI (línea azul), que hace referencia a la frecuencia de las fallas, es el indicador que mayor mejora ha presentado. Su coeficiente de correlación de Pearson es de 0,4751, y pasó de tener picos de frecuencia en 2019 de 2,3 veces, a tener un comportamiento en el segundo semestre de 2022 de 0,61 veces, lo que quiere decir que los clientes perciben menos fallas al mes. De otro lado, se pudo identificar una relación interesante entre el comportamiento de las pérdidas en la zona oriente y el indicador SAIDI, como se aprecia en la figura 4.

Figura 4. Análisis de correlación IPT y SAID



Fuente. Elaboración propia.

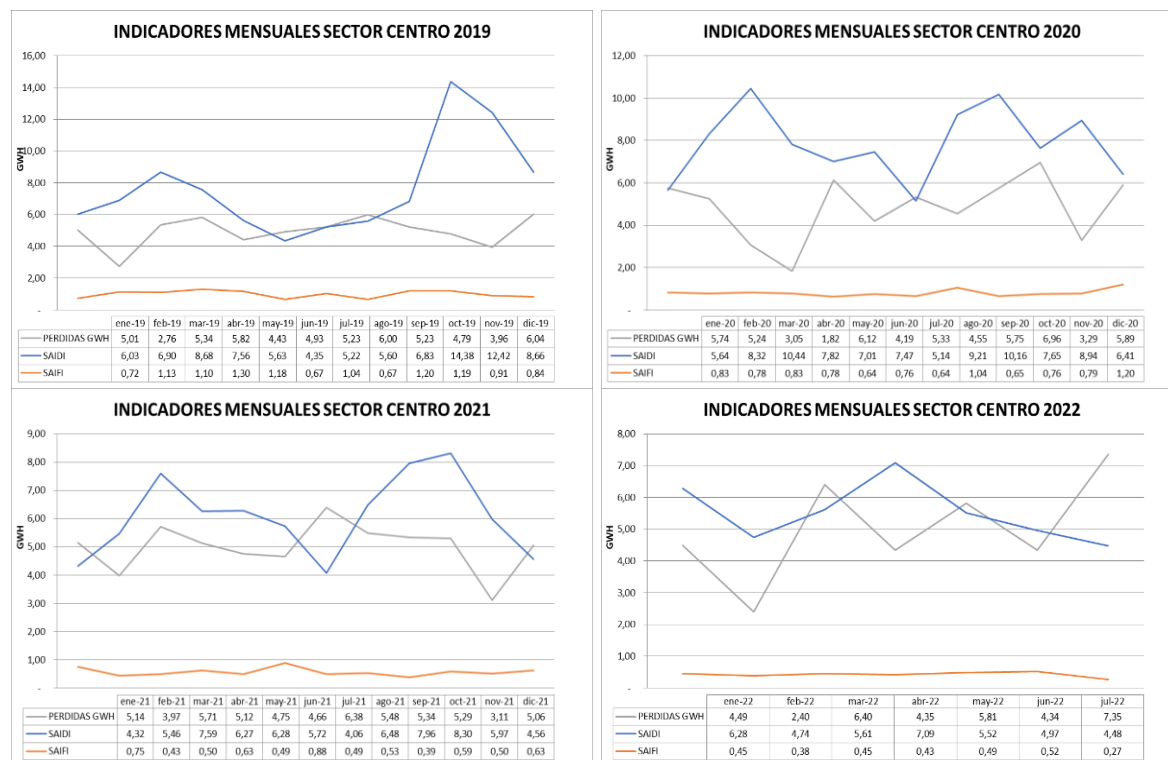
El coeficiente de correlación de Pearson para la variable SAIDI, en comparación con el indicador de pérdidas puntuales, fue de 0,1215 contra un 0,0486, lo cual se podría interpretar como que la duración de las fallas en esta zona tuvo un grado de relación inverso con el indicador de pérdidas. Esto se pudo comprobar en meses donde la duración de las fallas aumentó y las pérdidas disminuyeron. En este tipo de relaciones el clima de la zona, factor

que se resaltó más atrás como clave para el comportamiento de las variables de calidad, influyó de tal manera que a mayores lluvias la duración de las fallas puede aumentar, y el consumo de los sectores residencial e industrial disminuye, también disminuyendo las pérdidas. Por el contrario, en época de verano, la duración de las fallas puede disminuir, y las pérdidas de energía aumentar con el mayor consumo y la búsqueda de los clientes por defraudar para pagar menos valor por el servicio.

5.1.2. Zona centro norte

La zona centro norte del departamento analizado está compuesta por 21 municipios, incluida la capital. Año tras año se expone el comportamiento de las variables de calidad, las cuales en primera medida mostraron una correlación entre las variables de pérdidas y SAIDI, como se presentó con la zona oriente y se aprecia en la figura 5.

Figura 5. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis



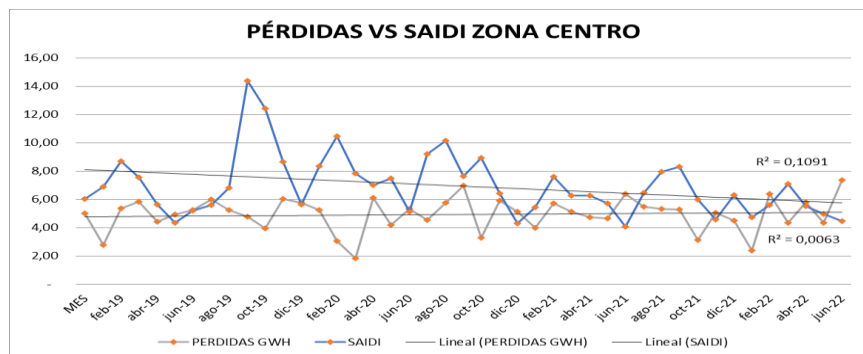
Fuente. Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris) para esta zona desde enero de 2019 presentó una tendencia acumulada al alza, y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo un valor de 0,0063. La zona centro no ha tenido un trabajo significativo en reducción de pérdidas, ya que la complejidad de las zonas sur y oriente han absorbido la logística operativa y los recursos disponibles para tal fin.

En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja), que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se puede apreciar que en 2019 la duración era superior, con una agravante y es que los transformadores de Ibagué tienen más clientes que los transformadores de distribución normales del departamento. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión, y la duración de las interrupciones ha mejorado notablemente; una de esas inversiones ha consistido en disminuir la cantidad de clientes por unidad de transformación. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 14 horas; para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo, ubicándose en 4:48 horas en promedio, similar al indicador de la zona oriente. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1091.

Finalmente, el SAIFI (línea azul), que hace referencia a la frecuencia de las fallas, es el indicador que mayor mejora ha presentado. Su coeficiente de correlación de Pearson fue 0,5808, y pasó de tener picos de frecuencia en 2019 de 1,3 veces, a tener un comportamiento en el segundo semestre de 2022 de 0,27 veces, lo que quiere decir que los clientes percibieron menos fallas al mes. Se pudo identificar una relación interesante entre el comportamiento de las pérdidas en la zona centro y el indicador SAIDI, como se aprecia en la figura 6.

Figura 6. Análisis de correlación IPT frente al SAIDI



Fuente. Elaboración propia.

El coeficiente de correlación de Pearson para la variable SAIDI, en comparación con el indicador de pérdidas puntuales, fue de 0,1091 contra un 0,0063, lo cual se podría interpretar como que la duración de las fallas en la zona centro norte del departamento tuvo un grado de relación inverso con el indicador de pérdidas. Esto se pudo comprobar en meses donde la duración de las fallas aumentó y las pérdidas disminuyeron.

El clima en esta zona no es tan drástico como la zona suroriente; es un poco más templado y por momentos frío por su cercanía a la montaña. En épocas fuertes de invierno, como por ejemplo los meses de mayo y noviembre de cada año, se puede apreciar que el indicador de pérdidas baja, pero la duración de las fallas se deteriora. Por el contrario, en meses como febrero y diciembre, cuando las pérdidas aumentan, las fallas tienden a disminuir su duración.

5.2. Resultados del análisis, calidad y la sostenibilidad económica del negocio

En esta sección se hizo un análisis descriptivo de cada subgrupo de la sostenibilidad económica, tomando como referencia el informe enviado por parte de la organización para ser calificada dentro del DJSI, que contemplaba las siguientes dimensiones: gobierno corporativo, materialidad, gestión integral de riesgos y crisis, código de conducta empresarial, gestión de la relación con el cliente, influencia política, gestión de la cadena de suministro, seguridad de la información y disponibilidad del sistema y, por último, gestión de

la innovación. La escala de calificación va de 0 a 100 puntos. Los colores en las tablas son ilustrativos, con el fin de denotar con el rojo resultados desfavorables, con el amarillo resultados medios y con el verde resultados favorables.

5.2.1. Gobierno corporativo

El buen gobierno corporativo, la práctica ética y la transparencia posibilitan que una organización disponga de un conjunto de pautas éticas adecuadas para reducir riesgos y establecer confianza y credibilidad en sus relaciones con los diversos interesados. El desempeño de esta electrificadora en el DJSI refleja su compromiso con el gobierno corporativo, evaluado en criterios clave como innovación, influencia en política, gestión de riesgos y transparencia en reportes ambientales y sociales.

En innovación se ha destacado por su estrategia de transición energética, invirtiendo en energías renovables y soluciones inteligentes. Este enfoque ha sido clave para su posicionamiento en el DJSI.

En influencia en política, la empresa mantiene un marco ético sólido, evitando prácticas de *lobby* indebidas y alineando sus estrategias con regulaciones ambientales y energéticas. Su transparencia en este aspecto ha fortalecido su reputación.

La gestión de riesgos es un pilar fundamental de su gobierno corporativo. La empresa ha implementado sistemas rigurosos para mitigar riesgos financieros, operacionales y regulatorios, incluyendo mecanismos de prevención del lavado de activos y la financiación del terrorismo.

Su transparencia en reportes ha sido reconocida, destacando la calidad y accesibilidad de su información ambiental, social y de gobernanza (ESG). La evolución positiva en estos criterios ha consolidado su presencia en el DJSI, reflejando un gobierno corporativo sólido y alineado con estándares internacionales.

Tabla 3. Resultados del gobierno corporativo

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Estructura de la junta directiva.	97,0	98,94	97,95
Presidencia o dirección principal.	97,0	98,94	97,95
Política de diversidad.	96,0	97,92	96,94
Diversidad de género.	98,0	99,96	98,96
Efectividad de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Antigüedad promedio de los miembros de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Experiencia específica en el sector de los miembros de la junta.	98,0	99,96	98,96
Compensación ejecutiva y métricas de éxito.	96,0	97,92	96,94
Compensación ejecutiva alineada con el desempeño a largo plazo.	97,0	98,94	97,95
Responsables de la gestión.	98,0	99,96	98,96
Requisitos para los responsables de la gestión.	98,0	99,96	98,96
Responsables del gobierno.	97,0	98,94	97,95
Influencia de familias al interior de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Acciones de doble clase.	96,0	97,92	96,94
Divulgación de la compensación media de todos los empleados y la compensación del director ejecutivo.	100,0	100,0	100,0
Gobierno de medios y agentes interesados.	98,0	99,96	98,96

Fuente. Elaboración propia.

5.2.2. Materialidad

Al examinar la materialidad se reconocen, clasifican, validan y manejan los temas más significativos dentro de la entidad, como el crecimiento económico, la diversificación del negocio, la experiencia del cliente, el personal interno, la gestión de recursos energéticos, la conservación de los ecosistemas y la contribución a la sociedad.

Tabla 4. Resultados de la materialidad

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Asuntos materiales.	96,0	97,92	99,88
Divulgación de materialidad.	96,0	97,92	99,88

Fuente. Elaboración propia.

5.2.3. Gestión integral de riesgos y crisis

La continua identificación, evaluación, manejo y seguimiento de los riesgos a los que la empresa se enfrenta tienen como objetivo evaluar de manera rápida y proactiva tanto los impactos positivos como negativos que podrían afectar el logro de los objetivos estratégicos y el rendimiento del negocio. La gestión integral de riesgos contribuye a disminuir la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

Tabla 5. Resultados de la gestión de riesgos y crisis

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Gobernanza del riesgo.	98,0	99,96	98,96
Análisis de sensibilidad y pruebas de estrés (incluyendo agua y clima).	96,0	97,92	96,94
Riesgos emergentes.	98,0	99,96	98,96
Cultura de riesgo.	100,0	100,0	100,0
Gestión de medios y agentes interesados.	97,0	98,94	97,95

Fuente. Elaboración propia.

5.2.4. Códigos de conducta empresarial

Debido al manejo de recursos y la interacción con los contratistas y el gobierno, la empresa se ha preocupado porque al interior de la organización se erradiquen prácticas que puedan poner en tela de juicio la transparencia de los procesos.

Tabla 6. Resultados del código de conducta

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Código de conducta.	100,0	100,0	100,0
Cobertura.	98,0	99,96	99,96
Corrupción y soborno.	96,0	97,92	98,02
Sistemas y procedimientos.	97,0	98,94	99,30
Prácticas anticompetitivas.	99,0	100,0	100,0
Casos de corrupción y sobornos.	97,0	98,94	99,10
Información sobre infracciones.	100,0	100,0	100,0
Ética comercial de medios y agentes interesados.	98,0	99,96	99,96

Fuente. Elaboración propia.

5.2.5. Gestión de la relación con el cliente

La estructura operativa de la compañía y su gama de servicios están centrados en establecer una conexión distintiva con los clientes. Esta orientación tiene el propósito de brindar asesoramiento y proporcionar soluciones exhaustivas y eficientes en el ámbito energético. La meta es potenciar la productividad de las empresas, fomentar la sostenibilidad en las ciudades y desarrollos urbanos, y mejorar la calidad de vida y el bienestar en los hogares.

Tabla 7. Resultados de la gestión de la relación con el cliente

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Medición de satisfacción.	97,0	98,94	97,95
Monitoreo de sustentabilidad corporativa.	96,0	97,92	96,94

Fuente. Elaboración propia.

5.2.6. Influencia política

Este subtema hace referencia a la vinculación de la empresa con fines políticos, caracterizada por mantenerse al margen de campañas políticas y, por el contrario, respetando el libre albedrío de los colaboradores.

Tabla 8. Resultados influencia política

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Gastos para fines políticos.	96,0	97,92	96,94
Mayores aportes y gastos para fines políticos.	100,0	100,0	100,0
Gestión de medios y agentes interesados para fines políticos.	97,0	98,94	97,95

Fuente. Elaboración propia.

5.2.7. Gestión de cadena de suministro

La administración de proveedores se erige como uno de los fundamentos esenciales en el ámbito corporativo, desempeñando un papel crucial tanto en la mejora de los procesos de adquisición como en el logro de objetivos, mediante la colaboración estrecha con las empresas asociadas. Además, el fomento del desarrollo de proveedores asegura la

sostenibilidad a través de un constante perfeccionamiento de sus habilidades en aspectos administrativos, comerciales, técnicos, ambientales, productivos y financieros.

Tabla 9. Resultados de la gestión de cadena de suministro

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Código de conducta del proveedor.	100,0	100,0	100,0
Sensibilización.	100,0	100,0	100,0
Exposición a riesgos.	96,0	97,92	98,90
Medidas de gestión de riesgo.	98,0	99,96	100,0
Integración del <i>supply chain management</i> (SCM) con el <i>environmental social governance</i> (ESG).	96,0	97,92	98,90
Informes de transparencia.	98,0	99,96	100,0
Gestión de medios y agentes interesados con la cadena de suministro.	96,0	97,92	98,90

Fuente. Elaboración propia.

5.2.8. Seguridad de la información y disponibilidad del sistema

De acuerdo con el *global reporting initiative* (GRI), la empresa ha definido sus desafíos de corto, mediano y largo plazo en asuntos de ciberseguridad, estableciendo la seguridad y confiabilidad informática como una de sus prioridades de operación.

Tabla 10. Resultados de la seguridad de la información

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Gobernanza de seguridad de la información/ciberseguridad.	96,0	97,92	97,92
Medidas de seguridad.	98,0	99,96	100,0
Proceso e infraestructura.	99,0	100,0	100,0
Violaciones de seguridad de la información/ciberseguridad.	97,0	98,94	99,10
Incidentes de infraestructura de las tecnologías de la información (TI).	97,0	98,94	99,04
Incidentes de TI y ciberseguridad con medios o agentes interesados.	99,0	100,0	100,0

Fuente. Elaboración propia.

5.2.9. Gestión de la innovación

La gestión de la innovación ha sido uno de los elementos clave en el éxito de la empresa, y producto de ello son los resultados obtenidos en esta categoría para el DJSI. Mediante diferentes mecanismos, la compañía ha encontrado maneras eficientes de costear su innovación, como por ejemplo convenios con la industria y con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. De esta manera, nuevos productos y servicios son lanzados al mercado en tiempo récord, empleando la mentalidad de *start up*.

Tabla 11. Resultados de la gestión de la innovación

Subtema	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Gasto en I+D.	100,0	100,0	100,0
Innovación abierta.	100,0	100,0	100,0

Fuente. Elaboración propia.

6. Discusión

En primer lugar, se quiso profundizar en la definición de sostenibilidad en la electrificadora de análisis, la cual es una definición adaptada al negocio y a los indicadores de evaluación, como el DJSI que se tomó como guía para el análisis de los resultados. Mostrando cada dimensión con sus componentes, se dio claridad sobre las variantes que sufre el concepto al interior de la organización, en comparación con los elementos tratados en la revisión bibliográfica, destacando lo concluido por Muller y Rego (2021), quienes en su estudio a las empresas del sector eléctrico en Brasil encontraron que la definición de sostenibilidad no es igual para todas, y el impacto de los indicadores de calidad tiene una influencia determinante en su rentabilidad. Adicionalmente, se pudo mostrar que analizar únicamente la dimensión económica de la sostenibilidad no resulta del todo útil si se desconoce la influencia de las dimensiones social y ambiental; lo cual ya había sido anticipado por Machen *et al.* (2021). Específicamente, se destacan dos hechos concretos de la organización: i) la definición de sostenibilidad no se concibe como 3 agentes que se mueven independientemente. Son 3

elementos que poseen externalidades y que se conjugan en un solo concepto y; ii) el tipo de obras y proyectos tienen influencia en las 3 dimensiones, y por ello se entiende la sostenibilidad como un todo.

En segundo lugar, se buscaron grados de correlación entre las variables de calidad y la sostenibilidad, y desde los datos se podría concluir que no se aprecia una correlación. Se pueden discutir algunos elementos interesantes evidenciados y que se alinean a lo mencionado por Soroush *et al.* (2021) en sus análisis a empresas del sector eléctrico en Italia, donde señalan elementos de la sostenibilidad relacionados con la rentabilidad de los negocios: i) un gobierno corporativo sólido, permite que la compañía pueda tener grandes niveles de inversión, que tienden a mejorar la prestación del servicio en términos de infraestructura nueva o remodelada, así como proyectos en pro de reducir las pérdidas de energía; ii) cuando desde la compañía se tiene un código de conducta empresarial robusto y de gran cobertura, se puede mitigar el aumento de pérdidas administrativas y la propagación del fraude en el ciclo comercial y; iii) se ha podido evidenciar que una gestión adecuada de la relación con los clientes en la cual se fortalezcan los canales de comunicación y se reduzcan los tiempos de atención a sus peticiones, quejas y reclamos, disminuye significativamente el hurto de energía.

En tercer lugar, se buscaron posibles correlaciones entre los indicadores de calidad, es decir, la prestación frente a las pérdidas. El análisis se llevó a cabo con respecto a cada zona del departamento del Tolima. Para las zonas sur y norte, el SAIDI, SAIFI e IPT mostraron comportamientos independientes. Por su parte, para las zonas oriente y centro, si bien las correlaciones de Pearson encontradas fueron muy bajas, existe una posible relación entre el SAIDI y el IPT.

Desde el análisis de datos no se lograron identificar correlaciones significativas, existen variables desde la experiencia y el trabajo de campo que se evidenciaron y estuvieron alineados con varios de los textos incluidos en la revisión bibliográfica, por ejemplo, lo planteado por Kennedy *et al.* (2019), donde se podría afirmar que sí existe un grado de relación entre las variables de prestación y de pérdidas, trayendo a la realidad de Colombia

el experimento que los autores realizaron en la India rural. Algunos elementos coincidentes fueron:

- En lugares donde se presentan muchas interrupciones del servicio, las comunidades buscan intervenir las redes por sí mismas, generando fraudes e implicando aumento de pérdidas.
- En lugares donde la duración de las fallas es muy prolongada, las comunidades buscan reconectarse por sí mismas, aumentando la posibilidad de generar pérdidas y fallas posteriores en las redes, sin dejar de mencionar el riesgo de accidentes eléctricos.
- En lugares donde la temperatura promedio sobrepasa los 22,5 °C existen mayores pérdidas y fallas en la prestación.
- Entornos sociales como los asentamientos humanos de situación inconclusa, conocidos como invasiones, afectan la calidad en toda su expresión, ya que se conectan ilegalmente a sectores normalizados, generando un deterioro de la continuidad del servicio y aumentando así las pérdidas.
- En lugares donde hay buenos indicadores de duración, frecuencia y las comunidades tienden por el hurto de energía, la prestación se deteriora con el tiempo.
- Esta identificación ha permitido que, al interior del proceso de reducción de pérdidas en la compañía, se tomen medidas enfocadas a las necesidades de cada zona, y no una metodología estándar.
- Si bien es cierto que en este estudio se profundizó en la correlación con la dimensión económica, no se pueden dejar de mencionar algunos impactos identificados desde las dimensiones ambiental y social, siguiendo la ruta definida por Sartori *et al.* (2017), en la evaluación de la industria eléctrica de Brasil en términos de su desempeño sostenible.
- Las mejoras en la prestación del servicio contribuyen a un menor impacto en las regiones, aportando a su biodiversidad.
- El control de las pérdidas contribuye a que la compañía no tenga la necesidad de realizar mayores compras de energía, lo cual está directamente asociado con menor generación y, por ende, menos emisiones de GEI.

- En términos generales, una buena calidad del servicio y de la energía contribuyen a la calidad de vida de los habitantes del departamento, a una mejor calidad del agua, a un mayor desarrollo de las regiones, a la conectividad, competitividad y a la seguridad.

7. Conclusiones

A partir de la pregunta de investigación propuesta, este trabajo evidencia que no se puede determinar desde los datos analizados una relación significativa entre las variables de calidad, entre ellas mismas y, a su vez, con la sostenibilidad económica del negocio. Pero desde el trabajo de campo se pudieron encontrar factores que sugieren que pueden existir relaciones entre las variables analizadas y otras no exploradas, concluyendo que los datos tienen un grado de generalidad muy elevado, limitando los análisis específicos. Puntualmente, dado que las relaciones identificadas parten del único insumo disponible desde la información del DJSI, se evidencian líneas futuras de investigación promisorias que amplíen las métricas al respecto.

Por otro lado, desde la caracterización de las variables de calidad se ha podido evidenciar la evolución en los indicadores de prestación del servicio en todo el departamento del Tolima, la reducción de pérdidas en la zona suroriente y el leve incremento de estas en la zona norte, especialmente en el sector centro, denotando el efecto que tienen los planes de inversión. De igual manera, se ha podido identificar cómo la deficiencia en los indicadores de calidad incide en la sostenibilidad, no solamente económica, sino en las dimensiones social y ambiental, concluyendo que para la organización no es de mucha relevancia evaluar una sola dimensión de la sostenibilidad sin considerar las otras dos.

Finalmente, vale la pena resaltar la contribución que los hallazgos obtenidos en esta investigación han tenido en la organización:

- Apoyo a la alta gerencia en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión.
- Identificación de riesgos futuros por su posible impacto en componentes de la sostenibilidad.

- Fortalecimiento de las relaciones con *stakeholders* al interior de la compañía, de acuerdo con su grado de participación y los tipos de proyectos.
- Interés por ampliar los temas investigados y continuar con trabajos futuros relacionados.

8. Referencias

- Acero, G. H. (2012). *La medición del poder de oligopolio en el mercado mayorista de generación de energía eléctrica, una aproximación para el caso colombiano*. [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/232>
- Anteneh, D., Khan, B., Mahela, O. P., Alhelou, H. H. & Guerrero, J. M. (2021). Distribution network, reliability, enhancement and power loss reduction by optimal network reconfiguration. *Computers & Electrical Engineering*, 96(part A), 107518. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107518>
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia de 1991 - Título 12 - Del régimen económico y de la hacienda pública. Capítulo 5: de la finalidad social del estado y de los servicios públicos*. <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-12/capitulo-5/articulo-365>
- Asencio, W. (2020). *Estudio sectorizado del alimentador 1303 para el control y reducción de las pérdidas de energía - Talara*. [Trabajo de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50974>
- Barrezueta-Unda, S. y Paz González, A. (2017). Indicadores de sostenibilidad para la producción de cacao Nacional y CCN51 en la provincia El Oro-Ecuador. *Educateconciencia*, 13(14), 16-26. <https://doi.org/10.58299/edu.v13i14.152>
- Blanco-Camargo, D., Henríquez-Orozco, S., Fajardo-Ortíz, E. J. y Romero-Valbuena, H. (2020). Consumo de energía, crecimiento económico y emisión de dióxido de carbono en Colombia. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, 18(1), 41-50. <https://doi.org/10.18273/revfue.v18n1-2020005>

- Bretas, A. S., Rossoni, A., Trevizan, R. D. & Bretas, N. G. (2020). Distribution networks nontechnical power loss estimation: A hybrid data-driven physics model-based framework. *Electric Power Systems Research*, 186, 106397. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106397>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG. (2002). *Resolución 082 de 2002. Por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local*. Diario Oficial 45044 de 24 de diciembre de 2002. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0082_2002.htm
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG. (2018). *Resolución 015 de 2018. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional* Diario Oficial 50496 de 3 de febrero de 2018. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm
- Congreso de Colombia. (1994a). *Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 41.433 de 11 de Julio de 1994. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- Congreso de Colombia. (1994b). *Ley 143 de 1994. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética*. Diario Oficial 41.434 de 12 de Julio de 1994 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4631>
- Córdoba, M. (2001). La defraudación de fluidos en la legislación penal colombiana. *Derecho Penal y Criminología*, 22(73), 103-116. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derpen/article/view/1070>
- Correa-García, J. A., García-Benau, M. A. & García-Meca, E. (2020). Corporate governance and its implications for sustainability reporting quality in Latin American business groups. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121142. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121142>
- Costa-Campi, M. T., Daví-Arderius, D. & Trujillo-Baute, E. (2018). The economic impact of electricity losses. *Energy Economics*, 75, 309-322. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.08.006>

- De Oliveira Ventura, L., Melo, J. D., Padilha-Feltrin, A., Fernández-Gutiérrez, J. P., Sánchez Zuleta, C. C. & Piedrahita Escobar, C. C. (2020). A new way for comparing solutions to on-technical electricity losses in South America. *Utilities Policy*, 67, 101113. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101113>
- Deng, N. Q., Liu, L. Q. & Deng, Y. Z. (2018). Estimating the effects of restructuring on the technical and service-quality efficiency of electricity companies in China. *Utilities Policy*, 50, 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.11.002>
- Devi, P. S., Kumar, D. R. & Chakravarthula, K. (2022). Reliability improvement and loss reduction in radial distribution system with network reconfiguration algorithms using loss sensitivity factor. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(2), 1199-1210. <http://doi.org/10.11591/ijece.v12i2.pp1199-1210>
- Farshchian, G., Darestani, S. A. & Hamidi, N. (2020). Developing a decision-making dashboard for power losses attributes of Iran's electricity distribution network. *Energy*, 216, 119248. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119248>
- Fiesco Salinas, J.A. (2018). *Análisis de índices de confiabilidad (SAIDI, SAIFI) en la zona sur de Bogotá y su desempeño en los últimos dos años*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/25626>
- Galán, J. E. & Pollitt, M. G. (2014). Inefficiency persistence and heterogeneity in Colombian electricity utilities. *Energy Economics*, 46, 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.08.024>
- Garzón, M. A. e Ibarra, A. (2014). Revisión sobre la sostenibilidad empresarial. *Revista de Estudios Avanzados de Liderazgo*, 1(3), 52-77. <https://www.regent.edu/acad/global/publications/real/vol1no3/4-castrillon.pdf>
- Gómez, V. G. & Suárez, S. M. (2017, 1-3 de noviembre). *Improvement strategies for quality service indexes in ENEL Colombia-The planning* [Conferencia]. IX Simposio Internacional sobre la Calidad de la Energía Eléctrica-SICEL, Bucaramanga, Colombia, 1-6. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/SICEL/article/view/67182/66201>

- Hamidan, M. A. & Borousan, F. (2022). Optimal planning of distributed generation and battery energy storage systems simultaneously in distribution networks for loss reduction and reliability improvement. *Journal of Energy Storage*, 46, 103844. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103844>
- Hota, A. P., Mishra, S. & Mishra, D. P. (2022). Active power loss allocation in radial distribution networks with different load models and DGs. *Electric Power Systems Research*, 205, 107764. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107764>
- IEEE. (2012). *IEEE 1366-2012. IEEE Guide for electric power distribution reliability indices*.
- Kennedy, R., Mahajan, A. & Urpelainen, J. (2019). Quality of service predicts willingness to pay for household electricity connections in rural India. *Energy Policy*, 129, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.034>
- Kim, H., Baek, S. & Won, W. (2022). Integrative technical, economic, and environmental sustainability analysis for the development process of biomass-derived 2,5-furandicarboxylic acid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112059. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112059>
- Kumar, T., Post, A. E., Ray, I., Otsuka, M. & Pardo-Bosch, F. (2022). From public service access to service quality: The distributive politics of piped water in Bangalore. *World Development*, 151, 105736. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105736>
- Landegren, F., Johansson, J. & Samuelsson, O. (2019). Quality of supply regulations versus societal priorities regarding electricity outage consequences: Case study in a Swedish context. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 26, 100307. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.100307>
- Liu, Y., Cai, Y. P., Huang, G. H. & Dong, C. (2012). Enhancement of economic and ecological sustainability through integrated management of coal and electricity in north China. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 467-497. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.040>
- López-Cariboni, S. (2018). Pérdidas de energía eléctrica y regímenes políticos en América Latina. *Journal Globalization, Competitiveness and Governability*, 12(1), 109-119. <https://doi.org/10.3232/GCG.2018.V12.N1.06>

- Macedo, B. (2005). *El concepto de sostenibilidad*. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe - UNESCO.
- Machen, R. V., Sawyer, J. E., Bevers, S. J. & Mathis, C. P. (2021). Measuring economic sustainability at the ranch level. *Rangelands*, 43(6), 240-245. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2021.10.005>
- Maldonado, J. C. y Cando, M. (2018). *Determinación de pérdidas de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15483>
- Mirza, F. M., Rizvi, S. B. & Bergland, O. (2021). Service quality, technical efficiency and total factor productivity growth in Pakistan's post-reform electricity distribution companies. *Utilities Policy*, 68, 101156. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101156>
- Monteiro, R. V., Guimarães, G. C., Silva, F. B., da Silva Teixeira, R. F., Carvalho, B. C., Finazzi, A. de P. & de Vasconcellos, A. B. (2018). A medium-term analysis of the reduction in technical losses on distribution systems with variable demand using artificial neural networks: An electrical energy storage approach. *Energy*, 164, 1216-1228. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.021>
- Muller, R. B. & Rego, E. E. (2021). Privatization of electricity distribution in Brazil: Long-term effects on service quality and financial indicators. *Energy Policy*, 159, 112602. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112602>
- Muñoz, J., y Hurtado, A. (2018). *Modelo de análisis probabilístico para estimar los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica del Grupo EPM en el departamento de Antioquia* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. <http://hdl.handle.net/10784/12551>
- ONU. (2015). *Energía asequible y no contaminante*.
- Pollitt, M. (2008). Electricity reform in Argentina: Lessons for developing countries. *Energy Economics*, 30(4), 1536-1567. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.12.012>
- Pulido Castrillón, Á. A. y Avendaño Ordóñez, K. (2017). El hurto de energía y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: una mirada desde la economía del crimen. *Equidad y Desarrollo*, (28), 227-258. <https://doi.org/10.19052/ed.4126>

- Sadiq, E. H., Antar, R. K. & Ahmed, S. T. (2022). Power losses evaluation in low voltage distribution network: A case study of 250 kVA, 11/0.416 kV substation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(1), 35-41. <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp35-41>
- Sáenz, J. (2015). *Implementación de un sistema de seguridad para las comunicaciones en medidores inteligentes de baja tensión en smart grids*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55619>
- Saint Akadiri, S., Adewale Alola, A., Olasehinde-Williams, G. & Udom Etokakpan, M. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Science of the Total Environment*, 708, 134653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134653>
- Sánchez, W. y Morales, K. (2000). *Identificación y control de pérdidas de energía en el sistema de distribución secundaria* [Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/43987>
- Sandoval, A. M. (2004). Monografía del sector de electricidad y gas colombiano: condiciones actuales y retos futuros. *Archivos de Economía*, 272. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/272.pdf>
- Santos Neto, A. S., Reis, M. R., Coimbra, A. P., Soares, J. C. & Calixto, W. P. (2022). Measure of customer satisfaction in the residential electricity distribution service using structural equation modeling. *Energies*, 15(3), 746. <https://doi.org/10.3390/en15030746>
- Sartori, S., Witjes, S. & Campos, L. M. (2017). Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues. *Energy Policy*, 111, 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.054>
- Smith, R. A. y Zapata, W. (2000). Expansión de la transmisión de energía eléctrica bajo un esquema de mercado. *Energética*, 24, 45-56. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57104>
- Soroush, G., Cambini, C., Jamasb, T. & Llorca, M. (2021). Network utilities performance and institutional quality: Evidence from the Italian electricity sector. *Energy Economics*, 96, 105177. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105177>

- SSPD. (2017). *Diagnóstico de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia 2016*.
- SSPD. (2018). *Diagnóstico de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia 2017*.
- SSPD. (2019). *Diagnóstico de la calidad del servicio en Colombia 2018*.
- SSPD. (2020). *Diagnóstico de la calidad del servicio en Colombia 2019*.
- Thaler, P. & Hofmann, B. (2022). The impossible energy trinity: Energy security, sustainability, and sovereignty in cross-border electricity systems. *Political Geography*, 94, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102579>
- Pérez-Reyes, R., y Tovar, B. (2009). Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. *Energy Policy*, 37(6), 2249-2261. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.037>
- Vargas Jiménez, D. (2015). *Estudio de indicadores de calidad del suministro de energía eléctrica de una red de distribución a 13.2 kV*. [Tesis de maestría], Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60037>
- Weiss, M., Ravillard, P., Sanin, M. E., Carvajal, F., Daltro, Y., Chueca, J. E. y Carvalho Metanias Hallack, M. (2021). *Impacto de la regulación en la calidad del servicio de distribución de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0003762>
- Yao, J., Xiao, E., Jian, X. & Shu, L. (2021). Service quality and the share of renewable energy in electricity generation. *Utilities Policy*, 69, 101164. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101164>