

CONESCAPANHONDURAS2025paper113.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477735379

Submission Date

Jul 31, 2025, 10:36 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 6:23 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper113.pdf

File Size

373.2 KB

7 Pages




4,682 Words

25,433 Characters

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 5%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	laccei.org	4%
2	Internet	preeica.ca	2%
3	Publication	Jose Luis Ordonez-Avila, Alex Daniel Pineda, Joshua Daniel Rodriguez, Alberto Ma...	<1%
4	Internet	proceso.hn	<1%
5	Internet	www.sener.gob.mx	<1%
6	Internet	epistemus.unison.mx	<1%
7	Internet	www.e3s-conferences.org	<1%
8	Publication	Mandelli, Stefano, Jacopo Barbieri, Lorenzo Mattarolo, and Emanuela Colombo. "S...	<1%
9	Internet	repositorio.uniandes.edu.co	<1%
10	Internet	selene.uab.es	<1%
11	Internet	revistadigital.uce.edu.ec	<1%

12	Internet	economie.fgov.be	<1%
13	Publication	Justinas Jasiūnas, Peter D. Lund, Jani Mikkola, Liinu Koskela. "Linking socio-econo...	<1%
14	Internet	10wvw.easychair.org	<1%
15	Publication	Luis Olmos, Michel Rivier. "Chapter 11 Regulation of the Expansion of Electricity T...	<1%
16	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
17	Internet	www.buenasalud.com	<1%
18	Publication	"Análisis de las condiciones para implementar una estrategia de postponement e...	<1%
19	Internet	idus.us.es	<1%
20	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
21	Internet	www.investigarmqr.com	<1%
22	Internet	www.polodelconocimiento.com	<1%
23	Internet	www.researchgate.net	<1%
24	Internet	1library.co	<1%
25	Internet	1library.net	<1%

26	Publication	Mosquera Palacios, Darin Jairo. "Análisis de Vulnerabilidad y Resiliencia en Sistem...	<1%
27	Publication	Wilfredo C. Flores. "Some issues related to the regulatory framework and organiz...	<1%
28	Internet	civitas-es.barcelona2004.org	<1%
29	Internet	silserdigital.wixsite.com	<1%
30	Internet	www.aresep.go.cr	<1%
31	Internet	www.coursehero.com	<1%
32	Internet	docplayer.com.br	<1%
33	Internet	notional-impact-95704.appspot.com	<1%
34	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	<1%
35	Internet	www.cincodias.es	<1%
36	Internet	www.gji.co.jp	<1%
37	Internet	www.upo.es	<1%
38	Publication	Jesús Águila León. "Modelo y desarrollo de un sistema de gestión óptima para un...	<1%
39	Internet	gala.gre.ac.uk	<1%

40

Internet

repositorio.lamolina.edu.pe

<1%

Cálculo del Costo de la Energía Eléctrica No Suministrada en los Sectores Residencial, Comercial e Industrial de Honduras para los Años 2021, 2022 y 2023

Danielle Rodríguez

Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC),
Facultad de Ingeniería, San Pedro Sula, Honduras,
danielle@unitec.edu

María Parada

Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC),
Facultad de Ingeniería, San Pedro Sula, Honduras
celesteacosta29@unitec.edu

Resumen—El propósito de esta investigación fue analizar y calcular el Costo de la Energía No Suministrada (CENS) en Honduras durante los años 2021, 2022 y 2023, con el objetivo de cuantificar las pérdidas económicas derivadas de las interrupciones eléctricas. Para ello, se utilizó la metodología de cálculo establecida por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE) en el Reglamento del Mercado Eléctrico Regional, la cual se basa en métodos indirectos, empleando datos macroeconómicos y registros históricos correspondientes a los años base de la investigación. El análisis permitió estimar el CENS en los sectores residencial, comercial e industrial, distinguiendo entre los costos asociados a interrupciones de corta y larga duración, y considerando las características de cada sector de consumo.

Los resultados revelaron que los sectores comercial e industrial registraron los mayores costos asociados al CENS, principalmente debido a su alta dependencia de procesos productivos. En el sector residencial, las interrupciones impactaron directamente la calidad de vida y el bienestar de los hogares. En términos generales, se observó que el costo de las interrupciones ha ido en aumento, reflejando la creciente vulnerabilidad del sistema eléctrico nacional. Esta investigación demuestra la necesidad urgente de priorizar inversiones en infraestructura eléctrica y diseñar políticas regulatorias más efectivas para reducir las pérdidas económicas y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico.

Palabras Clave— *Costo de la Energía No Suministrada (CENS), Pérdidas eléctricas, Sectores residencial, comercial e industrial.*

Abstract --- The purpose of this research was to analyze and calculate the Cost of Energy Not Supplied (CENS) in Honduras for the years 2021, 2022, and 2023, with the aim of quantifying the economic losses resulting from power outages. The study employed the calculation methodology established by the Regional Electricity Interconnection Commission (CRIE) in the Regional Electricity Market Regulation, which is based on indirect methods using macroeconomic data and historical records corresponding to the study's baseline years. The analysis estimated the CENS in the residential, commercial, and industrial sectors, distinguishing between costs associated with short- and long-duration outages and considering the specific characteristics of each consumption sector.

The results revealed that the commercial and industrial sectors reported the highest CENS costs, primarily due to their high dependency on productive processes. In the residential sector, outages directly impacted on the quality of life and well-being of households. Overall, the cost of outages has shown an upward trend, reflecting the increasing vulnerability of the national electrical system. This research highlights the urgent

need to prioritize investments in electrical infrastructure and design more effective regulatory policies to reduce economic losses and improve the reliability of the electricity supply.

Keywords— *Cost of Electricity Not Supplied (CENS), Energy losses, Residential, commercial, industrial sectors.*

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un recurso fundamental para la mayoría de las actividades desarrolladas en la actualidad. La creciente dependencia de su suministro, junto con los elevados costos que aún implica su almacenamiento, exige altos niveles de continuidad y confiabilidad en la prestación del servicio [1]. Aunque la autogeneración ha ganado terreno en algunos países, la mayoría de las actividades productivas dependen del suministro eléctrico, y las redes nacionales continúan siendo la principal fuente de energía lo que subraya la relevancia de un suministro eléctrico continuo y constante [2].

En este contexto, la electricidad se ha convertido en un componente esencial de las sociedades modernas. La interrupción del suministro no solo paraliza las actividades cotidianas, sino que también tiene un gran impacto económico en los usuarios, quienes dependen de ella para llevar a cabo sus actividades diarias [3]. A nivel global, el consumo de energía se distribuye en diversos sectores de la economía destacando el transporte, la industrial y el sector residencial como los principales consumidores [4].

La falta de un suministro eléctrico confiable se ha convertido en un problema crítico en Honduras. Entre abril de 2022 y abril de 2024, se registraron 32,371 horas sin suministro de energía eléctrica, lo que representa un promedio de 4 horas diarias sin energía para los ciudadanos y las empresas [5].

Los cortes de energía y las interrupciones programadas pueden generar pérdidas financieras significativas y disrupciones sociales en diversos sectores. En el sector industrial, estos cortes provocan retrasos en la producción e incrementan los costos operativos, ya que las empresas deben recurrir al uso de generadores [6].

En el sector comercial, la falta de un suministro confiable impacta el comercio minorista, la hostelería y los servicios, interrumpiendo su operación, afectando los inventarios y la experiencia del cliente y causando pérdidas

económicas. Los cortes de energía a nivel residencial afectan el bienestar de los hogares, donde la electricidad es importante para la calefacción, refrigeración y almacenamiento de alimentos, lo que disminuye el nivel de vida [3].

Dado que los sectores comercial e industrial representan aproximadamente el 32% del PIB de Honduras, las interrupciones en el suministro eléctrico no solo disminuyen la productividad, sino que también incrementan los costos operativos al requerir soluciones alternativas, como generadores. Por ello, resulta crucial conocer el Costo de la Energía No Suministrada (CENS), definido como el valor económico que los usuarios dejan de percibir por cada unidad de energía no consumida debido a cortes en el suministro. Estimar este costo permite a las empresas y a los usuarios planificar mejor sus presupuestos y tomar medidas para mitigar las pérdidas asociadas a la falta de suministro eléctrico [7].

El Costo de la Energía No Suministrada (CENS) no es un valor único, este dependerá del tipo de usuario afectado, el caso de ser Residencial, Comercial o Industrial y el tipo de interrupción eléctrica, que puede ser de corta o larga duración. De acuerdo con la CRIE el Costo de la Energía No Suministrada de Corta Duración (CENSCD) representa el costo que un usuario incurre debido a una interrupción inesperada de un servicio esencial, normalmente suministrado a través de una red pública, y que requiere alta confiabilidad [8].

Por otro lado, la CRIE define el Costo de la Energía Eléctrica No Suministrada de Larga Duración (CENSLD) como el costo unitario que un usuario enfrenta por la falta preavisada de un bien o servicio [8].

II. METODOLOGÍA

Esta sección describe los enfoques y técnicas utilizadas para calcular el Costo de la Energía No Suministrada (CENS) en Honduras. La investigación adopta un enfoque cuantitativo, no experimental y descriptivo, utilizando técnicas como la Teoría de Intercambio Trabajo-Ocio, la elasticidad-ingreso y los costos de respaldo para estimar el impacto económico de las interrupciones eléctricas en los sectores residencial, comercial e industrial.

A. Técnicas

La Teoría de Intercambio Trabajo-Ocio es la primera técnica en este estudio y se utiliza para calcular el Costo de la Energía No Suministrada (CENS) en el sector residencial. Este cálculo se realiza mediante la Ecuación 1 propuesta por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica [8], que incorpora variables como ingresos promedio por hora, demanda máxima residencial, y horas dedicadas a descanso, actividades domésticas y otras actividades, ponderadas según su relevancia. Esta metodología permite estimar el impacto económico de las interrupciones eléctricas en los hogares.

$$CENS = \frac{\left(\frac{IM}{DM}\right) * [(H_{DE} * FP_{DE}) + (H_{DO} * FP_{DO}) + (H_{RE} * FP_{RE})]}{(H_{DE} * H_{DO} * H_{RE})}$$

Ecuación 1 Teoría de Intercambio Trabajo Ocio- Sector Residencial [8]

Donde de acuerdo con la metodología de cálculo planteada por la (CRIE, 2018):

CENS = Costo de la Energía No Suministrada [USD/MWh]

IM = Es el promedio de ingresos por hora, calculado a partir del ingreso mensual promedio, asumiendo una jornada laboral diaria de 8 horas [USD].

DM = Es la demanda máxima por usuario residencial, expresada en MW, calculada con base en el consumo de energía anual por usuario residencial en MWh, el número total de usuarios residenciales en el año de referencia, las 720 horas mensuales, y un factor de carga de 0.5.

H_{DE}, H_{DO}, H_{RE} = Representan las horas diarias dedicadas al Descanso (DE), que equivalen a 8.5 horas al día, las Actividades Domésticas (DO), con un total de 5.8 horas al día, al Resto de Actividades (RE), que suman 9.7 horas al día, de manera que $H_{DE} + H_{DO} + H_{RE} = 24 \text{ horas}$

$FP_{DE}, FP_{DO}, FP_{RE}$ = Son los factores de ponderación aplicados para asignar valor a las horas del día, con valores de 0, 1 y 0.5, respectivamente.

El valor agregado en los sectores comercial e industrial se calcula utilizando la elasticidad-ingreso de la demanda de energía eléctrica, que mide la relación proporcional entre el cambio en el consumo eléctrico y las variaciones en el Producto Interno Bruto (PIB). A partir de esta elasticidad y otros parámetros como el consumo eléctrico, el PIB sectorial y el índice de electrificación, se determina el Costo de la Energía No Suministrada (CENS) en estos sectores mediante fórmulas econométricas propuestas por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica [8]. Este enfoque permite cuantificar las pérdidas económicas por interrupciones eléctricas en términos del valor agregado perdido.

$$CENS = \frac{\Delta PIB}{\Delta C} = \frac{1}{\epsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\%$$

Ecuación 2 Valor Agregado - Sector Comercial e Industrial [8]

Donde, de acuerdo con la teoría del valor agregado:

ϵ = Elasticidad del ingreso en relación con el consumo eléctrico del sector comercial o industrial, dependiendo del caso, correspondiente al año base.

PIB = Producto Interno Bruto del sector comercial o industrial, según corresponda, expresado en dólares estadounidenses corrientes del año base.

C = Consumo de electricidad del sector comercial o industrial, según sea el caso, medido en MWh para el año base.

$IE\%$ = Índice de electrificación nacional.

Para el cálculo de la elasticidad presentada en la Ecuación del Valor Agregado se determina utilizando modelos econométricos. Esta elasticidad-ingreso (ϵ) representa la relación proporcional entre el aumento en el consumo de energía eléctrica (ΔC) de un producto y una variación proporcional en el ingreso (ΔPIB) y su cálculo se lleva a cabo a través de la Ecuación 3.

$$\epsilon = \frac{\left(\frac{\Delta C}{C}\right)}{\left(\frac{\Delta PIB}{PIB}\right)}$$

Ecuación 3 Elasticidad – Ingreso [8]

Donde, de acuerdo con lo establecido en la metodología:

ϵ = Representa la elasticidad – ingreso [-]

C = Es el Consumo de energía eléctrica [MWh]

ΔC = Se refiere a la proporción del aumento del consumo de energía eléctrica [MWh]

PIB = Producto Interno Bruto [USD]

ΔPIB = Se refiere al cambio en el Producto Interno Bruto [USD]

El enfoque de "costos de respaldo" se utiliza para calcular el Costo de Energía No Suministrada en Largo Plazo (CENSLD) en los sectores comercial e industrial, estimando la disposición de pago de los usuarios para la autogeneración de energía. Este método asume que las empresas invertirán en equipos de generación de respaldo hasta que el beneficio de autogenerar un kWh iguale la pérdida de un kWh no suministrado. Los cálculos consideran el número de horas de interrupción anual, los costos iniciales y operativos de los generadores, los costos de combustible y mantenimiento, y la vida útil de los equipos. Además, se incluyen costos de operación y mantenimiento, y el precio del diésel. Se contempla el escenario de operación anual 100 horas, con generadores diésel de diferentes capacidades para cada sector.

$$CENS = (E * (C_D * P_D) * t) + OM$$

Ecuación 4 Costos de Respaldo [8]

Donde, de acuerdo con la teoría del valor agregado:

E = Energía Generada por el Equipo de Respaldo [MWh]

CD = Consumo de Combustible Diésel [gal/h]

PD = Precio del Combustible Diésel [USD/gal]

t = Tiempo de Uso [h]

OM = Costos de Operación y Mantenimiento [USD]

III. RESULTADOS

A continuación, se presenta en una tabla resumen los resultados obtenidos para el costo de la energía no suministrada de corta duración para el sector residencial de los años 2021, 2022 y 2023.

Tabla 1 Resultados Obtenidos del CENSCD del Sector Residencial

Sector Residencial [-]	Resultado [USD/MWh]
CENSCD 2021	1,301.46
CENSCD 2022	1,525.2
CENSCD 2023	1,612.9

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados presentados en la Tabla 1 muestran un incremento del costo por cada unidad de energía no suministrada en el año 2021 al año 2023. Este incremento muestra que, con el tiempo, las interrupciones en el suministro eléctrico tienen un mayor impacto económico para el sector Residencial, lo cual se puede deber a los siguientes factores:

- Aumento del Ingreso Medio Horario: el ingreso medio para el año 2021 fue de 22.80 [USD] en comparación con el ingreso del 2023 que fue de 25.82 [USD] debido al incremento en el salario mínimo.
- Reducción en la Demanda Máxima: Como se puede observar en la Ilustración 20, la demanda Máxima disminuyó ligeramente de 2021 a 2023. Esto muestra que, aunque los usuarios estén consumiendo menos electricidad, el costo de una interrupción sigue siendo significativo, mostrando la dependencia de la electricidad en las actividades residenciales

A continuación, se muestra los resultados obtenidos para el cálculo del costo de la energía no suministrada. La Tabla 2 muestra los valores del costo obtenidos para el sector industrial de los años correspondientes.

Tabla 2 Resultados Obtenidos del CENSCD del Sector Industrial

Sector Industrial [-]	Resultado [USD/MWh]
CENSCD 2021	19,659.71
CENSCD 2022	130.83
CENSCD 2023	278.06

Fuente: Elaboración Propia

A lo largo de los tres años analizados (2021-2023), el sector industrial mostró una notable fluctuación en los costos de la energía no suministrada, con una reducción significativa entre 2021 y 2022, seguida de un leve aumento en 2023.

Tabla 3 Resultados del CENSCD del Sector Comercial

Sector Comercial [-]	Resultado [USD/MWh]
CENSCD 2021	375.85
CENSCD 2022	192.100
CENSCD 2023	177.95

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos del análisis del Costo de la Energía No Suministrada (CENSCD) en el sector comercial presentes en la Tabla 3, muestran una disminución significativa en los costos entre 2021 y 2023. En 2021, el costo alcanzó los 375.85 USD/MWh (0.379 USD/kWh), mientras que en 2022 y 2023 se redujo considerablemente, registrando 192.10 USD/MWh y 177.95 USD/MWh, respectivamente. Esta disminución refleja una reducción en el impacto económico de los cortes de energía para este sector.

Seguidamente, se muestra los resultados obtenidos para los sectores industrial y comercial que muestran un comportamiento distinto respecto al costo de la energía no suministrada, dependiendo del tipo y tamaño de los generadores utilizados. La Tabla 4 muestra los valores del costo obtenidos para el sector industrial de los años correspondientes.

Tabla 4 Resultados del CENSLD del Sector Industrial

Sector Industrial [-]	Resultado [USD/MWh]
CENSCD 2021	1,179.01
CENSCD 2022	1,337.17
CENSCD 2023	1,244.87

Fuente: Elaboración Propia

Estos costos son significativamente altos, lo que refleja la alta dependencia del sector de la energía para mantener su producción. El uso de generadores de mayor capacidad, como los de 150 kW, incrementa la necesidad de combustible, especialmente diésel, lo que hace que el costo de operar estos equipos aumente. Cabe destacar que los resultados obtenidos independientemente del sector muestran un incremento en el año 2022, esto debido a que, en el 2022, los precios del combustible aumentaron significativamente debido a la guerra en Ucrania que afectó los mercados energéticos internacionales.

Tabla 5 Resultados del CENSLD del Sector Comercial

Sector Industrial [-]	Tipo de Generador	Resultado [USD/MWh]
CENSCD 2021		203.77
CENSCD 2022	KAMA	205.57
CENSCD 2023	12.5 kW	204.52
CENSCD 2021		385.10
CENSCD 2022	GRUPEL	400.96
CENSCD 2023	40 kW	391.70

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos para el costo de la energía no suministrada de larga duración para el sector

comercial considerando las dos capacidades de los generadores. En este sector, el uso de generadores de menor capacidad, como el de 12.5 kW, resulta en costos mucho más bajos en comparación con los generadores de mayor capacidad, como el de 40 kW. Los comercios tienden a optar por generadores más pequeños debido a su precio de compra y menores costos operativos. Sin embargo, el costo de energía no suministrada sigue siendo significativo, especialmente cuando el generador tiene que trabajar a plena capacidad durante largos períodos.

Es importante resaltar que la diferencia en los costos entre los generadores de distintas capacidades refleja la naturaleza de cada sector: el industrial necesita mayor potencia para sostener procesos continuos y de alto volumen de producción, mientras que el comercial depende de soluciones más pequeñas y accesibles.

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para medir el impacto del Costo de la Energía No Suministrada (CENS) en la economía nacional de Honduras, se realizará una estimación de las pérdidas anuales en dólares a causa de las interrupciones eléctricas por sector. Para ello, se utilizará el histórico de Energía No Suministrada (ENS) de acuerdo con el Informe Estadístico Nacional del Subsector Eléctrico. En donde se categoriza la energía no suministrada de dos formas, aquella que se da por fallas y la que se da por mantenimiento.

Para fines de la presente investigación, se considera la energía no suministrada por fallas aquella que se da por una interrupción intempestiva y sin previo aviso, para el cálculo de los costos asociados a la energía no suministrada de corta duración. Por otro lado, se considera la energía no suministrada por mantenimiento para el cálculo de los costos asociados a la energía no suministrada de larga duración, que es aquella que se da cuando hay de por medio un aviso o es un corte programado (generalmente por mantenimiento).

La Tabla 6 muestra la estimación de energía no suministrada por sector, en donde se ha obtenido el total de la Energía No Suministrada por año y se ha estimado para cada sector de acuerdo con su porcentaje de consumo, la cantidad de energía que han dejado de percibir al año. La energía no suministrada (ENS) muestra un incremento significativo entre 2021 y 2023, pasando de 10,454.50 MWh en 2021 a 22,838.54 MWh en 2023, lo que representa un aumento del 118%.

Tabla 6 Energía No Suministrada por Fallas (Corta Duración)

Año [-]	ENS por Fallas [MWh]	ENS Sector Residencial [MWh]	ENS Sector Comercial [MWh]	ENS Sector Industrial [MWh]
2021	10,454.50	4,771.43	2,395.13	2,696.22
2022	16,284.96	7,181.67	4,364.37	3,908.39
2023	22,838.54	10,286.48	6,180.11	5,024.48

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, se han obtenido los costos por la energía no suministrada de corta duración para el sector residencial, comercial e industrial. La Tabla 7 muestra los costos anuales por las interrupciones eléctricas en el sector cada uno de los sectores.

Entre 2021 y 2023, los costos por interrupciones eléctricas aumentaron en todos los sectores. En el sector industrial, los costos pasaron de 53,006,815.81 USD a 1,397,106.58 USD, reflejando un incremento significativo posiblemente debido a mayor energía no suministrada o un aumento en actividades afectadas. El sector comercial mostró un aumento de 900,208.09 USD a 1,099,750.38 USD, evidenciando una mayor vulnerabilidad eléctrica, mientras que en el sector residencial los costos crecieron de 1,200,448.69 USD a 1,469,630.92 USD, aunque con un impacto económico más moderado en comparación con los sectores productivos.

Tabla 7 Costos por Energía No Suministrada de Corta Duración

Año [-]	Costo por la ENS Sector Residencial [USD]	Costo por la ENS Sector Comercial [USD]	Costo por la ENS Sector Industrial [USD]
2021	1,200,448.69	900,208.09	53,006,815.81
2022	1,359,995.44	838,395.34	511,334.72
2023	1,469,630.92	1,099,750.38	1,397,106.58
Total	4,030,075.05	2,838,353.81	54,915,257.10

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Ilustración 1 el sector industrial representa el 86% del total de los costos de energía no suministrada (ENS) de corta duración, siendo significativamente más alto que los otros sectores. Esto se debe a la alta dependencia del sector industrial en procesos productivos, donde incluso interrupciones breves pueden causar pérdidas económicas sustanciales. El sector comercial contribuye con el 8%, indicando una menor, pero aún relevante dependencia de la continuidad del suministro eléctrico para sus operaciones. El sector residencial tiene el menor impacto económico, con solo el 6% del total de los costos. Esto refleja que, aunque las interrupciones afectan el bienestar y la calidad de vida, el impacto económico directo es más moderado en comparación con los sectores productivos.

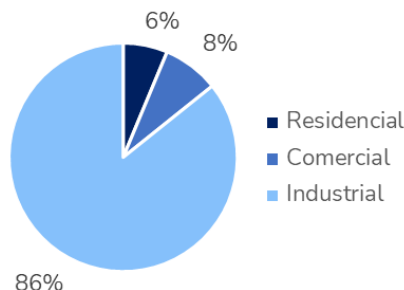


Ilustración 1 Porcentaje de Costos de Energía No Suministrada Corta Duración

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 8 se presenta la energía no suministrada debido a mantenimientos de larga duración en los sectores residencial, comercial e industrial para los años 2021 a 2023. Se observa un incremento sostenido de la ENS en los tres sectores, con una participación predominante del sector residencial. La ENS por mantenimiento aumenta progresivamente entre 2021 y 2023, con un incremento del 61% en el periodo analizado. El sector residencial contribuye con más del 45% de la ENS total, seguido por el industrial y el comercial.

Tabla 8 Energía No Suministrada por Mantenimiento (Larga Duración)

Año [-]	ENS por Mantenimiento [MWh]	ENS Sector Residencial [MWh]	ENS Sector Comercial [MWh]	ENS Sector Industrial [MWh]
2021	12,384.27	5,652.18	2,837.24	3,193.90
2022	17,706.18	7,808.43	4,745.26	4,249.48
2023	19,954.88	8,987.68	5,399.79	4,390.07

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la Tabla 9 entre 2021 y 2023, los costos por interrupciones eléctricas de larga duración aumentaron en todos los sectores. En el sector industrial (150 kW), crecieron de 3,765,643.85 USD a 5,465,070.92 USD, reflejando un impacto significativo. El sector comercial (40 kW) experimentó un incremento de 1,092,619.68 USD a 2,115,097.95 USD, mientras que en el sector comercial (12.5 kW), los costos subieron de 578,143.63 USD a 1,104,365.16 USD, mostrando un aumento más moderado en comparación con los sectores de mayor capacidad.

Tabla 9 Costos por Energía No Suministrada de Larga Duración

Año [-]	Costo por la ENS Sector Comercial 12.5 kW [USD]	Costo por la ENS Sector Comercial 40 kW [USD]	Costo por la ENS Sector Industrial 150 kW [USD]
2021	578,143.63	1,092,619.68	3,765,643.85
2022	975,482.33	1,902,657.94	5,682,281.45
2023	1,104,365.16	2,115,097.95	5,465,070.92
Total	2,657,991.12	5,110,375.57	14,912,996.22

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Ilustración 2 el sector industrial (150 kW) concentra el 66% del costo total por energía no suministrada (ENS) de larga duración, con un costo acumulado de 14,912,996.22 USD. Esto refleja su alta sensibilidad a interrupciones prolongadas debido a su dependencia de procesos productivos continuos. El sector comercial (40 kW) representa el 23% del total, con un costo acumulado de 5,110,375.57 USD, indicando que este segmento también enfrenta un impacto considerable por las

interrupciones de larga duración. El sector comercial (12.5 kW) tiene el menor impacto económico, con un costo acumulado de 2,657,991.12 USD (12% del total), lo que sugiere que su afectación es menor debido a la naturaleza de sus operaciones.

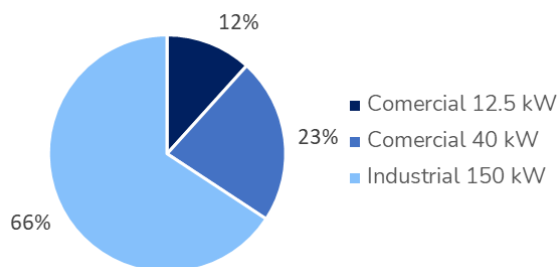


Ilustración 2 Porcentaje de Costos de Energía No Suministrada Larga Duración

V. CONCLUSIONES

En esta investigación se calculó y analizó el costo de la energía no suministrada (CENS) en Honduras, utilizando las metodologías indirectas de la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE). Para el sector residencial, se aplicó la teoría de intercambio trabajo-ocio, mientras que para los sectores comercial e industrial se usaron el método de valor agregado perdido y la metodología de costos de respaldo. El valor agregado perdido estima las pérdidas económicas directas relacionadas con la interrupción de la producción, considerando el PIB y la elasticidad ingreso, mientras que los costos de respaldo analizan los gastos de las empresas al utilizar generadores para mantener sus operaciones durante los cortes. Se realizó una búsqueda exhaustiva de datos para aplicar estas metodologías y se presentan los principales hallazgos de la investigación.

- Los resultados obtenidos para el Costo de la Energía No Suministrada de Corta Duración (CENSCD) para el sector residencial de los años 2021, 2022 y 2023, son de 1,301.46 USD/MWh, 30.39 USD/kWh, 1,525.2 USD/MWh y 1,612.9 USD/MWh, respectivamente. Los resultados muestran un incremento progresivo durante el periodo, impulsado principalmente por el aumento en el ingreso medio horario, que pasó de 22.80 USD en 2021 a 25.82 USD en 2023, afectando directamente el cálculo del costo. Estos valores reflejan la dependencia del suministro eléctrico para el bienestar y las actividades diarias de los hogares hondureños.

- El cálculo del Costo de la Energía No Suministrada de Corta Duración (CENSCD) para el sector comercial, utilizando el método de valor agregado perdido, arrojó resultados que evidencian una disminución progresiva en los costos durante los años analizados. En 2021, el costo fue de 375.85 USD/MWh, mientras que en 2022 se redujo a 192.10 USD/MWh y en 2023 alcanzó los 177.95 USD/MWh. Estos resultados reflejan una tendencia a la baja en el impacto económico de las interrupciones eléctricas en el sector comercial, posiblemente asociada a una estabilización en el consumo energético y una mejor capacidad del sector para ajustarse a las condiciones de suministro.

- El cálculo del Costo de la Energía No Suministrada de Corta Duración (CENSCD) para el sector industrial, utilizando el método de valor agregado perdido, mostró fluctuaciones notables a lo largo de los años analizados. En 2021, el costo alcanzó un valor excepcionalmente alto de 19,659.71 USD/MWh, seguido de una reducción drástica a 130.83 USD/MWh en 2022 y un aumento moderado a 278.06 USD/MWh en 2023. Estas variaciones reflejan la influencia de factores como el comportamiento del PIB, que impacta directamente en el cálculo debido a la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía, así como la capacidad del sector para adaptarse a las interrupciones del suministro eléctrico.

- En esta investigación, el Costo de la Energía No Suministrada de Larga Duración (CENSLD) para el sector comercial, utilizando la metodología de costos de respaldo, se calculó considerando dos tipos de generadores: uno de 12.5 kW y otro de 40 kW. Los resultados obtenidos para ambos tipos de generadores muestran una tendencia a la disminución en los costos a lo largo de los años. Para el generador de 12.5 kW, el costo fue de 203.77 USD/MWh en 2021, disminuyó a 205.57 USD/MWh en 2022, y luego a 204.52 USD/MWh en 2023, mostrando una leve reducción en los costos de respaldo. Por otro lado, para el generador de 40 kW, los costos fueron más altos, comenzando en 385.10 USD/MWh en 2021, aumentando a 400.96 USD/MWh en 2022, y bajando a 391.70 USD/MWh en 2023.

- En el caso del sector industrial, el Costo de la Energía No Suministrada de Larga Duración (CENSLD) utilizando la metodología de costos de respaldo mostró una variación significativa entre los años estudiados. En 2021, el costo alcanzó los 1,179.01 USD/MWh, un valor elevado, reflejando la alta dependencia del sector industrial en los generadores de mayor capacidad. En 2022, el costo disminuyó a 1,337.17 USD/MWh, en parte debido al incremento en el precio del combustible diésel, lo que generó un aumento en los costos operativos. En 2023, el costo volvió a disminuir a 1,244.87 USD/MWh, lo que muestra una estabilización en los costos de respaldo.

REFERENCIAS

- FUUNSAJ, "Estudio del Costo de la Energía No Suministrada (CENS)". Enero de 2018. Consultado: el 26 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://asep.gob.pa/direcciones/services/reglamentaciones/estudio-del-costo-de-la-energia-no-suministrada-cens/>
- Cambridge Economic Policy Associates, "Estimating the value of lost load for electricity in Europe". el 6 de julio de 2018. Consultado: el 26 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cepa.co.uk/news-insights/view/estimating-the-value-of-lost-load-for-electricity-in-europe>
- Sinan Küfeoglu, "Economic Impacts of Electric Power Outages and Evaluation of Customer Interruption Costs", 2015. doi: 10.13140/RG.2.2.16752.05127.
- R. M. Parra-Jácome *et al.*, "Consumos heterogéneos de energía en las tipologías de hogares del sector residencial del Ecuador", *FIGEMPA Invest. Desarro.*, vol. 17, núm. 1, pp. 102–111, jun. 2024, doi: 10.29166/revfig.v17i1.6104.
- "Honduras perdió un 37.07 % de la energía que produjo en 2024 | Proceso Digital". Consultado: el 13 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://proceso.hn/honduras-perdio-un-37-07-de-la-energia-que-produjo-en-2024/>

8
7
1

- [6] V. Foster y J. Steinbuks, "Paying the Price for Unreliable Power Supplies: In-House Generation of Electricity by Firms in Africa", 2009.
- [7] L. I. Euceda Hernández, "Cálculo del Costo de Energía Eléctrica No Suministrada en los Sectores Residencial, Comercial e Industrial de Honduras". 2023.
- [8] CRIE, "Reglamento del Mercado Eléctrico Regional (RMER)", CRIE. Consultado: el 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://crie.org.gt/marco-regulatorio/>