

LA PANDEMIA COVID-19 Y EL IMPACTO EN LOS PATRONES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA: CASO DE ESTUDIO EN TRES HOGARES EN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA

THE COVID-19 PANDEMIC AND THE IMPACT OF ELECTRICITY CONSUMPTION PATTERNS: CASE STUDY ON THREE HOUSEHOLD IN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA

Lennin Enrique **Amador-Castro**; Román Edén **Parra-Galaviz** y Jesús Ramón **Rodríguez-Apodaca**

Resumen

El impacto de la pandemia del COVID-19 alteró las modalidades y los lugares de trabajo de las personas, produciendo modificaciones en la demanda mundial de energía eléctrica. Todos los esfuerzos por limitar la exposición al COVID-19 no solo modificaron la demanda de electricidad por las restricciones tomadas para contener la pandemia, sino también por el comportamiento en el consumo de electricidad futuro en un mundo posterior al COVID-19. En este sentido, el presente texto tiene como objetivo fomentar un consumo responsable en el uso adecuado de la energía eléctrica en los hogares de acuerdo con lo establecido en el ODS 12 de la agenda 2030. Para ello, se realizó un análisis estadístico para evaluar el comportamiento en la demanda de energía de tres casas-habitaciones en la ciudad de Los Mochis, antes, durante y después de la

emergencia sanitaria. Los resultados muestran que los patrones de consumo de la energía eléctrica en los tres casos de estudio cambiaron, mostrando evidencia que los indicadores actuales son superiores a los datos previos a la emergencia sanitaria.

Palabras clave: cambio climático, emergencia sanitaria, red eléctrica.

Abstract

The impact COVID-19 pandemic altered people's working modalities and places, producing changes in the global demand for electrical energy. All efforts to limit exposure to COVID-19 have not only altered demand for electricity due to the restrictions taken to contain the pandemic, but also the future electricity consumption patterns in a post-COVID-19 world. In this sense, this text aims to promote the electrical energy responsible consumption

Recibido: 21 de marzo de 2024. Aceptado: 23 de mayo de 2024.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 20(3): 61-81.

doi.org/10.35197/rx.20.03.2024.03.la

at homes in accordance with the SDG 12 of 2030 agenda. To this end, a statistical analysis was carried out to evaluate the electric energy demand performance for three households in Los Mochis city, before, during and after the health emergency. The results show the electricity

consumption patterns changed in the three study cases, showing evidence that current indicators are highs to health emergency data before.

Keywords: climate change, Health emergency Power grid.

INTRODUCCIÓN

El COVID-19 no es el único evento extremo que ha ocurrido en los últimos tres años. Muchas regiones y países han sufrido múltiples desastres naturales causados por el clima mientras se esforzaban por combatir los efectos causados por el COVID-19. Cuando se lucha contra esos eventos extremos, resulta más esencial que nunca proporcionar un servicio eléctrico seguro y confiable. Los operadores de la red eléctrica aplican sus décadas de experiencia y tecnologías innovadoras para balancear la oferta y la demanda de electricidad y mantener las luces encendidas cada minuto del día (Min y Li, 2022).

El clima de nuestro planeta ha sufrido grandes alteraciones, y en nuestro país no ha sido la excepción. Hoy en día y en los últimos años se han observado cambios con mayor regularidad. En Sinaloa, principalmente en nuestra región hemos notado en gran medida parte de esas variaciones derivadas del calentamiento global, trayendo como consecuencias grandes inundaciones originadas por las intensas lluvias. Según (CCA, 2018), la mayor parte de estas alteraciones se debe principalmente a las actividades humanas con una estimación de más del 90%, ocasionando grandes efectos en el clima terrestre.

Por otra parte, otros eventos climáticos extremos son ejemplificados por el clima anormalmente frío de Texas en 2021 que tuvo consecuencias de amplio alcance en el sistema de energía. Este evento provocó interrupciones no solo de energía eléctrica, sino también en el gas natural para la calefacción e incluso el acceso al agua potable. Tales eventos pueden volverse aún más severos, frecuentes y tal vez incluso más impredecibles en el futuro debido al cambio climático. Por lo tanto, ahora es el momento de comenzar a planificar para estos eventos extremos de alto impacto y baja probabilidad de una manera sistemática, basada en datos que se pueda generalizar a los sistemas de energía en los Estados Unidos y el mundo (Bergman et. al, 2022).

De acuerdo con Naciones Unidas (UN, 2022), el promedio de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) fue 6.3 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) en 2020. La Figura 1 muestra a Estados Unidos (EE.UU.) muy por encima del promedio con 14 tCO₂e seguido de 13 tCO₂e por Rusia, 9.7 tCO₂e en China, alrededor de 7.5 tCO₂e en Brasil e Indonesia y 7.2 tCO₂e en la Unión Europea (UE). Dado que las emisiones per cápita varían mucho, en promedio, los países en desarrollo emiten 2.3 tCO₂e per cápita anualmente, por lo que podemos establecer que México podría estar representado por este promedio.

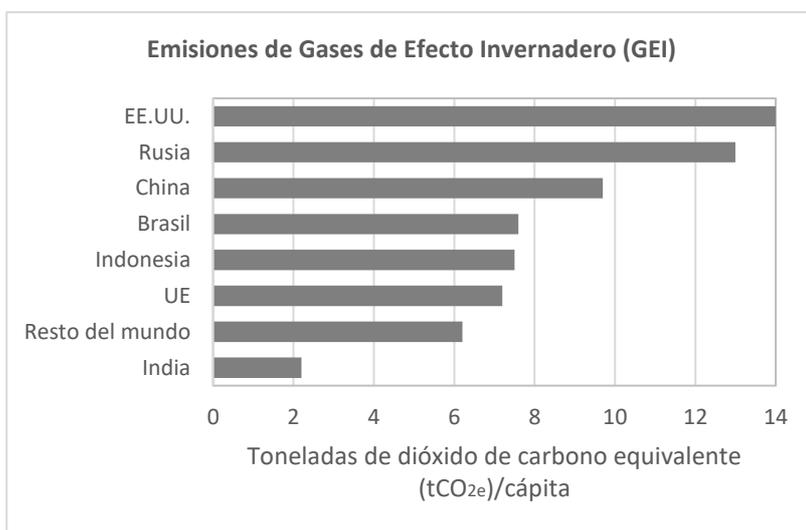


Figura 1. Emisiones de GEI per cápita.

Fuente: (UN, 2022).

Los recientes cambios que se han presentado en materia social y económica ante el distanciamiento social producto del SARS-CoV-2, han modificado la manera de evaluar el consumo de energía eléctrica. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas [ONU], (2021), el 70 % de las emisiones de carbono mundiales y el 60 % del uso de los recursos provienen de las ciudades y áreas metropolitanas, lo que trae como consecuencia un aumento en la población en los lugares marginados, incrementando el uso de los recursos y por consecuencia el aumento en las emisiones de carbono.

Por lo tanto, los eventos extremos también pueden afectar significativamente la demanda de electricidad. La pandemia del COVID-19

y las restricciones resultantes ante la emergencia sanitaria originaron el movimiento de personas y cambios en la actividad económica llevando a sustanciales disminuciones globales en el uso de la electricidad que persistieron durante meses. Aunque no tienen la misma magnitud de la pandemia, las recesiones económicas, como las relacionadas con la crisis financiera mundial de 2008, también pueden conducir a disminuciones notables en la demanda de electricidad. Otros tipos de eventos extremos pueden afectar la demanda de una manera completamente diferente. Por ejemplo, durante las olas de calor puede haber aumentos sustanciales en la demanda de electricidad para refrigerar edificios. Este aumento de la demanda puede ser masivo e interactuar con otros factores de la red relacionados con el clima cálido, hasta el punto de requerir apagones programados para mantener la integridad del suministro (Bergman et. al, 2022).

Ante la necesidad de conocer no solo el comportamiento en la demanda de energía durante los eventos extremos originados por la emergencia sanitaria del COVID-19, sino también la planificación de eventos que aún no han sucedido, el presente trabajo realiza un análisis estadístico de dicho comportamiento en tres complejos residenciales de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa. Todo esto ocurre en el contexto del cambio climático y la respuesta de la sociedad a la mitigación del cambio climático a través de la transición a un sistema de energía descarbonizado, con el fin de conseguir mejoras en la sociedad a través de iniciativas socialmente responsables y sostenibles tal y como lo indica el ODS 11 de la agenda 2030, logrando que las ciudades sean más sostenibles, resilientes y seguras, así como también ayudar el entorno en que vivimos, un medioambiente cuya protección es una emergencia planetaria. Por ello la importancia de poner un cuidado especial en la naturaleza realizando un consumo responsable que permita mejorar las buenas prácticas para mejorar la eficiencia energética en la demanda de energía eléctrica de acuerdo con lo establecido en los ODS 12 y 13 de la agenda 2030, garantizando modalidades de consumo y producción sostenibles y adoptando medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos respectivamente.

Antecedentes

Durante las etapas iniciales de la pandemia del COVID-19, muchas regiones en todo el mundo implementaron políticas que restringieron el movimiento y las interacciones de las poblaciones, a veces denominadas órdenes de quedarse en casa o de refugio en el lugar. Estos confinamientos tuvieron

efectos dramáticos en la sociedad y afectaron a individuos y sectores económicos enteros, incluidos la educación, la industria, el transporte y las empresas comerciales grandes y pequeñas. Muchos de estos sectores lucharon por adaptarse a los comportamientos cambiantes de los consumidores y las políticas de protección. Las empresas de servicios eléctricos tienen la responsabilidad de proporcionar un servicio confiable a sus clientes, independientemente de la naturaleza sin precedentes de las respuestas sociales para combatir la propagación del COVID-19. La demanda eléctrica es tradicionalmente uno de los patrones de comportamiento más consistentes del consumidor. De lunes a viernes, la gente va a trabajar, y la demanda de electricidad se mueve con ellos a áreas densas con edificios comerciales e industriales. Por la noche, cuando las personas regresan a casa, la demanda de electricidad vuelve a las áreas residenciales. Los confinamientos por COVID-19 afectaron la demanda de energía, ya que muchas empresas cerraron y muchos consumidores cambiaron sus rutinas diarias regulares. Dado que a casi todos los empleados considerados no esenciales se les pidió que permanecieran en sus hogares y ya no se desplazaran al trabajo, se anticiparon cambios en el consumo residencial y comercial. Aún no estaba clara la magnitud esperable de este cambio, lo cual confundía los esfuerzos para generar previsiones precisas acerca de la demanda de electricidad (Bergman et. al, 2022).

El trabajo realizado por Amador, Parra y Rodríguez (2022) analiza el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica no residencial durante el COVID-19, considerando las actitudes favorables para un consumo responsable en el Instituto Tecnológico de Los Mochis Campus Villa de Ahome en el estado de Sinaloa. Se desarrolló un análisis temporal en la demanda de energía de dicho instituto con el fin de conocer los patrones de consumo y su repercusión en la emergencia sanitaria, por lo que se encontró una disminución promedio del 57% en el consumo de energía. También se desarrolló un estudio para conocer las actitudes favorables de los alumnos del plantel en el desempeño de la energía eléctrica.

Bergman et. al (2022), utiliza a California como ejemplo para analizar en detalle los impactos relacionados con la pandemia en el consumo de electricidad haciendo recomendaciones para mejorar la planificación, el pronóstico y otras operaciones de respuesta a los eventos extremos. Se desarrolló un modelo contrafáctico, un enfoque que a menudo es utilizado para comprender lo que podría haber sucedido en diferentes circunstancias históricas, el cual permite examinar cuál habría sido el consumo de electricidad en ausencia de la pandemia, teniendo en cuenta los patrones climáticos reales y otras variables. La estimación contrafáctica es

comparada con los datos reales de consumo de electricidad para cuantificar el cambio en el consumo relacionado solo con la pandemia.

En cambio, Zheng et. al (2022) desarrolló un proyecto que tienen por objeto comprender el impacto a corto plazo del COVID-19, así como de otros eventos extremos, en el sector eléctrico. Se ha demostrado que un enfoque abierto basado en datos de varios dominios es eficiente para proporcionar apoyo científico a la toma de decisiones de los operadores y planificadores del sector eléctrico. Ante el aumento de los eventos extremos, el sector eléctrico se beneficiaría de la adopción de un enfoque más sistemático del centro de datos de varios dominios para analizar y predecir el impacto de los eventos extremos.

Dado que los sistemas de transmisión y distribución se encuentran en constante evolución para atender las exigencias que plantea una cantidad cada vez mayor de instalaciones de generación de energía, Wu y Johnson (2023) comparten ideas sobre los aspectos operativos de los transformadores, como métodos para calcular las capacidades de carga de los transformadores en evolución y evaluar los impactos de los flujos eléctricos inversos debido a la creciente penetración de fuentes de energía distribuida.

Hoy en día la industria de la energía está experimentando una importante transformación debido al rápido cambio hacia las fuentes renovables, lo que marca un momento histórico crucial. Sin embargo, el auge de las fuentes renovables, como la eólica y la solar, ha generalizado el uso de la generación interconectada con la red a través de la electrónica de potencia. De esta manera, Matevosyan y Holttinen (2024) exponen los desafíos y deficiencias de las soluciones existentes y las oportunidades de seguir investigando sobre las estrategias de control para las fuentes basadas en inversores describiendo las capacidades, las limitaciones y su interacción. Esto es esencial para asegurar su compatibilidad con la red y viceversa, permitiendo alcanzar los objetivos principales para minimizar el costo de satisfacer la demanda de energía y reducir las emisiones de carbono, manteniendo o incluso mejorando la confiabilidad.

En este sentido, la finalidad de presentar un análisis estadístico en la demanda de energía en tres complejos residenciales en la ciudad de Los Mochis antes y después de la pandemia, es mostrar los cambios en los patrones de consumo eléctrico pospandémico. Esto permitirá establecer nuevos desafíos y oportunidades de desarrollo para estar preparados ante una situación como lo fueron las restricciones originadas por la emergencia sanitaria a inicios de 2020. Además, de acuerdo con Li et. al (2022), la recuperación de la pandemia es una excelente oportunidad para acelerar las transiciones a la energía limpia. En especial, es una oportunidad para

acelerar la construcción de infraestructura de energía limpia, promover la transformación del sistema de energía y mejorar la conciencia del público sobre el consumo de energía limpia. Estos esfuerzos, a su vez, brindarán cobertura frente a los riesgos climáticos. Si bien no había existido una pandemia en la era posterior a la Segunda Guerra Mundial para poder hacer comparaciones, algunas de las crisis socioeconómicas del pasado pueden brindar estudios de caso comparables.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en tres complejos habitacionales de la ciudad de Los Mochis, una ubicada en la colonia Rubén Jaramillo, otra en Fraccionamiento Almendros y una más en Fraccionamiento Tabachines. Además, fue necesario realizar una revisión literaria donde se presentan conceptos relacionados con el consumo de energía eléctrica, ahorro de energía, así como la recopilación de datos históricos en la demanda de energía proporcionada por la fuente suministradora de servicios, considerando la generación de energía de las centrales eléctricas suministrada a la red eléctrica nacional de acuerdo a lo estipulado a la fracción XLIV del artículo 3 de la Ley de la Industria Eléctrica (SENER, 2017). El trabajo de investigación es de paradigma positivista, ya que se utiliza el método cuantitativo buscando el conocimiento sistemático mediante la explicación científica y analítica, empleando un análisis descriptivo para determinar los patrones de cambio en los datos históricos de la demanda de energía eléctrica (Amador, Parra y Rodríguez, 2022).

La Tabla 1, muestra los complejos habitacionales seleccionados considerando la ubicación y número de integrantes de familia durante las restricciones, así como el nivel máximo de estudios.

Tabla 1. Complejos habitacionales para el caso de estudio en Los Mochis

Complejo Habitacional	Colonia / Fraccionamiento	Número de integrantes		Máximo grado de estudios por familia
		Adultos	Niños	
A	Almendros	2	2	Doctorado
B	Rubén Jaramillo	4	2	Licenciatura
C	Tabachines I	4	1	Maestría

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la Figura 2 muestra la ubicación geográfica de las casas de estudio para el análisis en el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica.

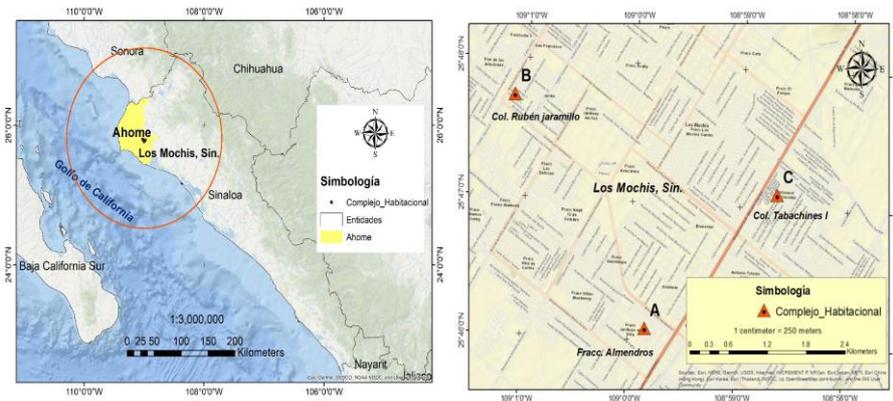


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en la ciudad de Los Mochis.

Fuente: Elaboración propia con bases de datos de ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2022).

El estudio se centra en determinar el comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica en los tres complejos habitacionales a través del análisis estadístico descriptivo durante el periodo 2019-2022. Comprender los cambios en el consumo de electricidad durante el COVID-19, permitirá conocer como intervienen en la demanda de energía eléctrica los factores de influencia, hábitos de consumo y el distanciamiento social. Por lo tanto, es preciso tener en cuenta estos factores de influencia porque reflejan actividades sociales muy relacionadas con el consumo de electricidad desde diferentes perspectivas.

Por lo tanto, la demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos por capacidad expresados en \$/kW-mes de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación [DOF], (2021), será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{punta}}, \left[\frac{Q_{mensual}}{24 * d * F.C.} \right] \right\} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

$Dmax_{punta}$ = Es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kilowatts.

$Q_{mensual}$ = Es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh.

d = Días del periodo de facturación.

$F. C.$ = Factor de carga.

$\min\{\dots\}$ = Valor mínimo entre la demanda máxima de punta y el consumo mensual registrado.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$Demanda = \frac{Q_{mensual}}{24 * d * F. C.} \quad (\text{ec. 2})$$

Para los centros de carga que reciban energía por ser parte de un permiso de generación de energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento, $Dmax_{punta}$ y $Q_{mensual}$ serán la demanda máxima registrada y el consumo mensuales suministrados en el mes de facturación por Comisión Federal de Electricidad (CFE) Suministrador de Servicios Básicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las estadísticas planteadas en los casos de estudio para los tres complejos habitacionales en la ciudad de Los Mochis, Sinaloa. La investigación presenta un análisis descriptivo en el comportamiento de la demanda de energía y cargos por facturación eléctrica durante el histórico de 2019-2022 en los periodos tarifarios base e intermedia, así como el excedente de energía.

Complejo habitacional A

Antes de la pandemia (2019), el excedente de energía no sobrepasaba los 200 kWh del complejo habitacional A ubicado en el Fraccionamiento

Almendros, lo que representó \$486 MXN por cargos en facturación. Sin embargo, como consecuencia de la emergencia sanitaria en 2020 el excedente de energía aumentó 2.5 veces, pasando a un consumo de 420kwh y \$1,255 MXN por facturación eléctrica (Tabla 2).

Tabla 2. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional A

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)						
BASE	2,277	\$1,427	2,250	\$1,487	2,250	\$1,541	2,250	\$1,629
INTERMEDIA	2,183	\$1,807	3,665	\$3,030	3,212	\$2,757	3,048	\$2,779
EXCEDENTE	168	\$486	420	\$1,255	333	\$1,022	388	\$1,254

Fuente: Elaboración propia.

Mientras las restricciones se reducían conforme los casos por contagios de COVID-19 iban en descenso, el excedente de energía eléctrica tanto en 2021 como en 2022 fue a la baja con 333 kWh y 388 kWh respectivamente. No obstante, los indicadores actuales en el excedente de energía ya no volvieron a los datos originales de 2019 antes de iniciar la pandemia, esto demuestra una variación en los patrones de consumo de energía derivados en los cambios de hábitos por consecuencia del COVID-19.

En cambio, la Figura 3 representa un análisis más detallado en la demanda de energía del complejo habitacional A para los periodos tarifarios que CFE tiene destinados en los horarios de verano e invierno (Amador, Parra y Castro, 2021). Durante el verano la tarifa base tiene un límite de 300 kWh de consumo de energía, mientras que durante el invierno es de 75 kWh. En el caso de la tarifa intermedia el consumo de energía límite es de 900 kWh para verano y 125 kWh para invierno en el servicio de tarifa 1F para la región noroeste, por lo que, los valores superiores a la tarifa intermedia serán considerados como excedentes de energía.

En 2019 la demanda máxima de energía fue en el mes de agosto con 779 kWh, mientras que en 2020 la máxima fue en septiembre con 998 kWh. Sin embargo, a pesar de que la demanda de energía durante 2021 y 2022 fue ligeramente menor durante la emergencia sanitaria, los indicadores en el consumo también no se establecieron a los datos originales de 2019.

Analizando los datos en el excedente de energía se puede observar que solo éstos se encuentran durante la tarifa de invierno correspondiente a los meses de noviembre-abril. Esto se debe principalmente que durante este

periodo la tarifa base e intermedia en conjunto solo consideran 200 kWh para un esquema de cobro bajo, por lo que un consumo superior a este límite repercute en un esquema de cobro más alto durante la facturación. Así mismo, es importante considerar que los máximos excedentes de energía se desarrollaron durante el mes de noviembre en cada año de análisis, lo que significa que dicho mes representa la transición del cambio de tarifa de verano a la de invierno, por lo que los hábitos de consumo de energía se relacionan a los de la temporada de verano debido a clima cálido de la región, esto representa un 19% del costo total de facturación por energía eléctrica.

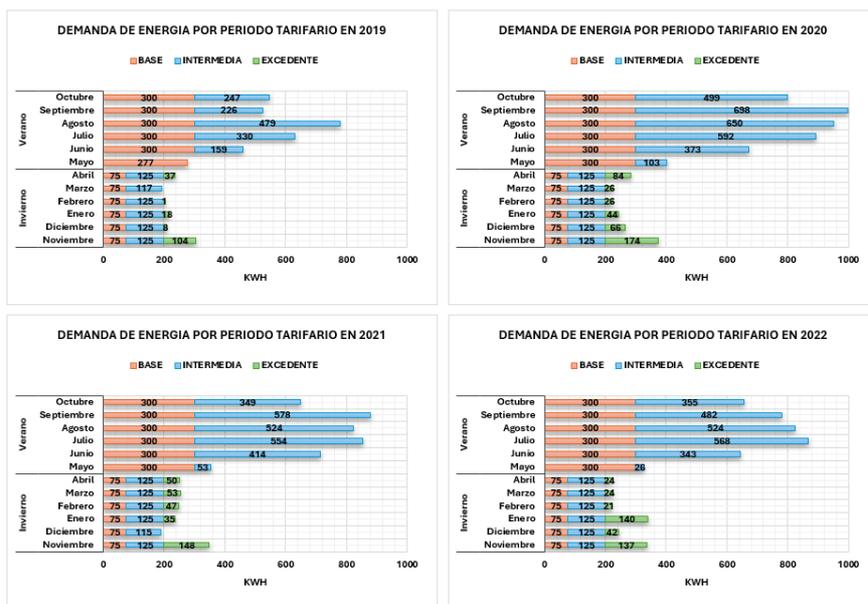


Figura 3. Demanda de energía para el complejo habitacional A en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

Complejo habitacional B

En el caso del complejo habitacional B ubicado en la colonia Rubén Jaramillo en Los Mochis, Sinaloa, la demanda de energía eléctrica y el

comportamiento de los costos por facturación en el periodo 2019-2022 son representados en la Tabla 3.

Tabla 3. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional B

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)						
BASE	2,374	\$1,567	2,250	\$1,489	2,210	\$1,516	2,250	\$1,633
INTERMEDIA	2,041	\$1,610	2,561	\$2,125	2,358	\$2,026	2,318	\$2,101
EXCEDENTE	0	\$0	33	\$98	35	\$108	19	\$61

Fuente: Elaboración propia.

En 2019 este complejo habitacional no excedió en el consumo de energía, pero, a partir de la emergencia sanitaria durante el primer trimestre de 2020 se pueden observar algunos incrementos tanto en la demanda como en los costos por facturación. Sin embargo, dichos excedentes no se comparan con los del complejo habitacional A, lo que puede indicar un manejo adecuado de la energía eléctrica durante la emergencia sanitaria.

Por otra parte, la Figura 4 muestra la demanda de energía por periodo tarifario en el complejo habitacional B. Se puede observar que durante 2019 no se generó excedente de energía, siendo el consumo máximo en agosto con 813 kWh, mientras que en 2020 el único excedente fue en mayo con 33 kWh y un consumo máximo de 795 kWh en octubre. En 2021 prácticamente el comportamiento fue muy similar al año anterior, pues el excedente de energía fue de 35 kWh en conjunto con los meses de mayo y diciembre, mientras que la demanda máxima en julio con 728 kWh. Por último, en 2022 también se presentaron comportamientos regulares a los análisis anteriores, ya que el excedente solo se presentó en mayo con 19 kWh y una demanda máxima de 732 kWh en julio.

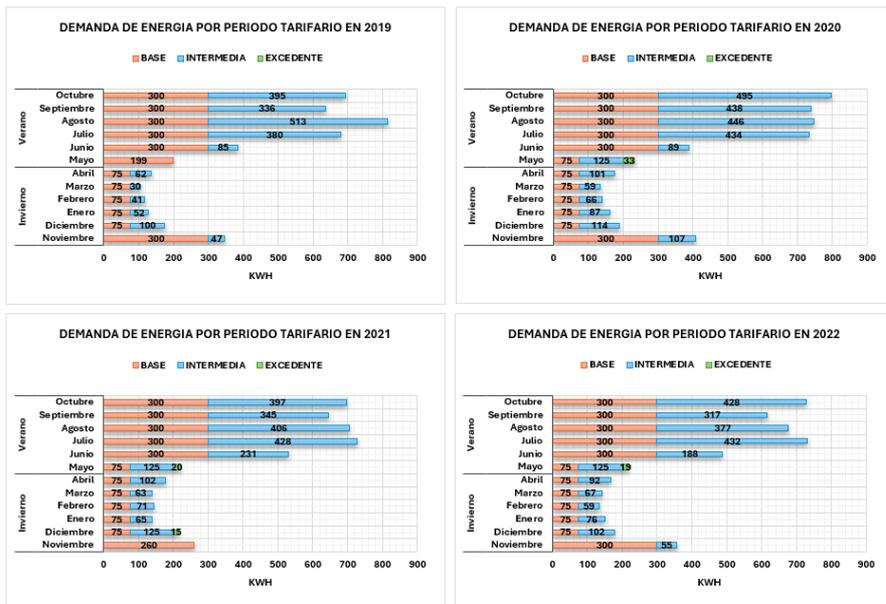


Figura 4. Demanda de energía para el complejo habitacional B en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

De todo lo anterior se puede establecer que el comportamiento en la demanda de energía para este complejo habitacional durante el periodo de análisis es muy parecido tanto en verano como en invierno, así como los excedentes de energía y demanda máxima. Esto indica un adecuado uso de la energía eléctrica, por lo que las restricciones de la emergencia sanitaria y sus afectos adversos no afectaron en gran medida los cargos por facturación eléctrica.

Complejo habitacional C

En el caso del complejo habitacional C ubicado en la colonia Tabachines I en Los Mochis, Sinaloa, se puede apreciar que cada año de análisis se tiene un excedente de energía el cual representa el 40% de los costos por facturación eléctrica, inclusive igualando a los costos de energía en la tarifa intermedia (Tabla 4). A pesar de esto, se observa que en 2020 la demanda de energía disminuyó considerablemente con respecto al año anterior y posterior, lo que contrasta con el comportamiento del complejo habitacional

A, el cual se incrementó durante la pandemia. Lo anterior se puede relacionar a que el complejo habitacional *C* tiene un negocio de comida, por lo que la situación de la pandemia propició el cierre de los establecimientos ante la emergencia sanitaria originando una disminución en el consumo de energía eléctrica durante 2020.

Tabla 4. Costos y demanda de energía para el complejo habitacional *C*

TARIFA	2019		2020		2021		2022	
	kWh	Costo (\$)						
BASE	2,250	\$1,441	2,250	\$1,487	2,250	\$1,541	2,250	\$1,625
INTERMEDIA	4,389	\$3,466	4,865	\$3,961	5,619	\$4,686	5,812	\$5,104
EXCEDENTE	1,359	\$3,812	865	\$2,577	1,501	\$4,040	1,804	\$5,038

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 5 se observa que durante la tarifa de invierno recae todo el excedente de energía principalmente en los meses de abril y noviembre. Sin embargo, para los años posteriores a la pandemia, el excedente de energía también se generó en los meses de junio a septiembre de 2021 durante el verano, mientras que en 2022 el excedente fue durante los meses de mayo, y de julio a octubre respectivamente.

Si bien la demanda de energía disminuyó en 2020 durante las restricciones originadas por el COVID-19, la relación existente entre los otros complejos habitacionales es que después de la pandemia los indicadores actuales en cuanto al consumo de energía no permanecieron constantes a los valores antes de la emergencia sanitaria, lo que demuestra un cambio en los patrones de consumo de energía originados por consecuencia de las actividades diarias.

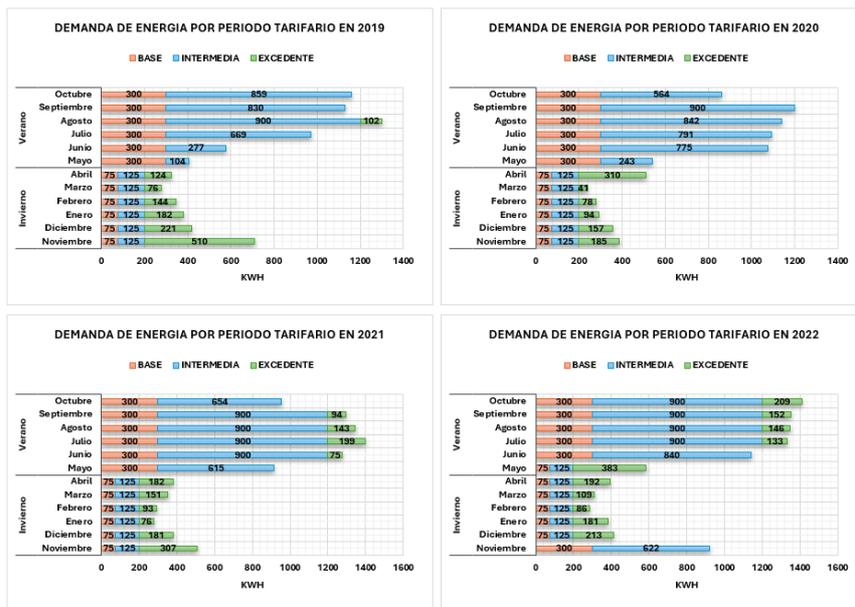


Figura 5. Demanda de energía para el complejo habitacional C en el periodo 2019-2022.

Fuente: Elaboración propia.

Demanda de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio

Con la finalidad de mostrar un comparativo en la demanda de energía entre los complejos habitacionales de estudio, se desarrolló la Figura 6. Se observa que la energía en el periodo base no excede los 2,300 kWh para los tres complejos, mientras que en el periodo intermedio no sobrepasa de 3,700 kWh en el complejo habitacional A, alrededor de 2600 kWh en el complejo B y no más de 5,850 kWh en el C. Para el excedente de energía se tiene un nivel bajo en el complejo habitacional A con un promedio de 327 kWh, para el complejo B prácticamente sin excedente con un promedio de 22 kWh, mientras que para el complejo C un promedio de 1,382 kWh elevando considerablemente el consumo de energía en esta residencia.

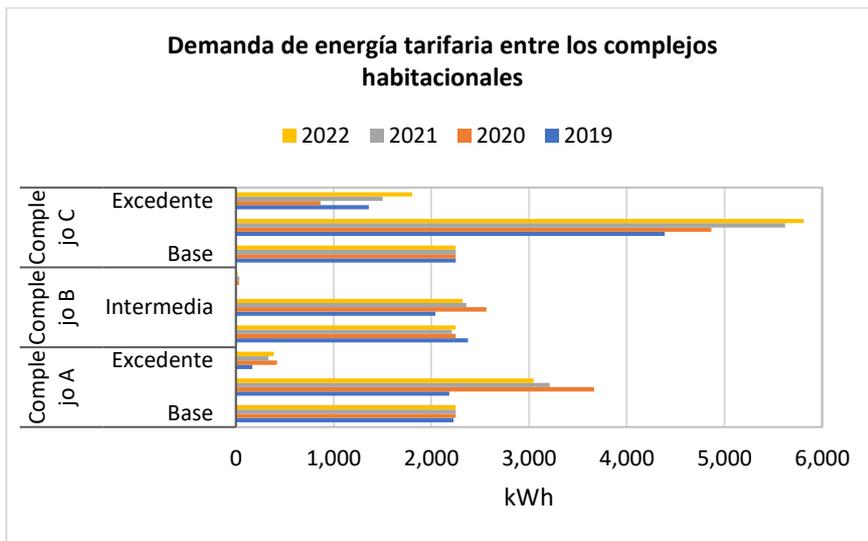


Figura 6. Comparativo en la demanda de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Costos de facturación de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio

Comparando los costos efectuados por cargos de facturación de energía eléctrica, la Figura 7 muestra esta relación entre cada uno de los complejos habitacionales. Cuidar la energía y utilizarla de manera eficiente siempre será una prioridad para reducir las emisiones, combatir el cambio climático y contribuir con el ODS 13 de la agenda 2030 en acción por el clima. Por eso, como se puede apreciar los excedentes de energía repercuten directamente en los cargos por facturación, tal es el caso del complejo habitacional C, donde su excedente representa el 40% del cargo total de energía. Sin embargo, en contraste se tiene el complejo B donde su excedente de energía es prácticamente nulo, el cual solo equivale al 2%. En cambio, con respecto al complejo A, el excedente de energía es mucho menor al complejo C, pero mayor al B, el cual representa el 20 % del total por cargos de facturación. Sin lugar a duda, las restricciones originadas por la emergencia sanitaria del COVID-19 evidenciaron los cambios en los hábitos de consumo, incrementando las cargas de energías en los centros de distribución eléctrica. Esta investigación permitirá establecer las bases para que las fuentes suministradoras de servicio eléctrico (CFE) estén preparadas

ante una emergencia en un futuro próximo, teniendo la capacidad de respuesta hacia una mejor calidad en el servicio de suministro eléctrico.

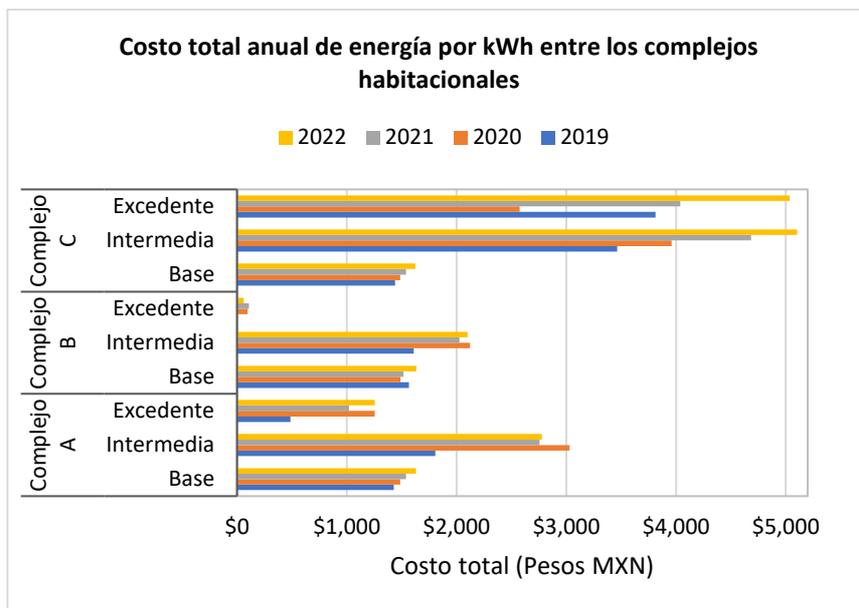


Figura 7. Comparativo en los costos de facturación de energía eléctrica entre los complejos habitacionales de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La pandemia mostró el impacto que tiene la reducción de las actividades humanas, cómo podría ser un futuro con menos emisiones y cómo el mundo podría llegar a él. Por otro lado, las restricciones impuestas a la población a comienzos de la emergencia sanitaria en 2020, se percibieron alteraciones significativas en la demanda de energía eléctrica en todo el mundo.

Mientras que la industria experimentaba una reducción en el consumo de energía, la situación en los hogares fue diferente, mostrando un incremento tanto en la energía eléctrica como en los costos por facturación.

Con base a los resultados obtenidos en los tres casos de estudio se muestra que evidentemente la pandemia originó cambios en los patrones del consumo de energía eléctrica, mostrando que los indicadores actuales son

aún superiores a los valores antes del inicio de la emergencia sanitaria. Para los casos de estudios los cargos por facturación de energía eléctrica para la tarifa base represento el 30%, 43% y 16% para los complejos habitacionales A, B y C respectivamente. En la tarifa base el registro obtenido fue 51%, 43% y 44% para los complejos A, B y C, mientras que los cargos por excedente de energía representaron el 20% para el complejo A, solo el 2% para el complejo B y el 40% para el complejo C.

Por lo tanto, es evidente que los cambios en los hábitos de consumo afectan constantemente a la red. Sin embargo, no todos son afectados por igual a cada una de las familias, como se observa en cada uno de los complejos habitacionales de estudio, ya depende en gran medida de las actividades cotidianas, hábitos y la cultura hacia un consumo responsable en la energía eléctrica.

A la par de la emergencia sanitaria del COVID-19 muchas regiones del país sufrieron afectaciones por desastres naturales causados por el clima, por ello resulta esencial proporcionar un suministro eléctrico seguro y confiable. Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación para comprender y estudiar como los esfuerzos por contener la pandemia del COVID-19 alteraron la demanda de electricidad en los tres casos de estudios, permitirá replicarlo a una escala global en la ciudad como lo realizado por Bergman et. al (2022) en California, esto con la finalidad de estimar el comportamiento futuro de la energía eléctrica en un mundo posterior al COVID-19 garantizando el acceso a la energía sin olvidar buenas prácticas hacia un consumo responsable en cumplimiento con el ODS 12 de la agenda 2030.

LITERATURA CITADA

- Amador, L., Parra, R., y Rodríguez, J. (2022). Comportamiento de los patrones de cambio en la demanda de energía eléctrica durante el Covid-19 y análisis de las actitudes favorables para un consumo responsable en el Instituto Tecnológico de Los Mochis, Campus Villa de Ahome. En J. Rodríguez, C. S. Castro, y E. Rodríguez, *Aportes a los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030* (pág. 248). Los Mochis, Sinaloa: Astra Ediciones S. A. de C. V.
- Amador, L., Parra, R., y Castro, C. (2021). Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el ahorro de energía y el

cambio en los patrones de consumo ante el confinamiento del COVID-19. *Ra Ximhai*, 424p.

Bergman, D., Sun, T., Buechler, E., Zanooco, C., y Rajagopal, R. (2022). Impactos de la pandemia en el consumo de electricidad en California. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

CCA. (2018). *Comisión para la Cooperación Ambiental*. Recuperado el 17 de septiembre de 2019, de Emisiones Atmosféricas: <http://www.cec.org/sites/default/napp/es/country-profiles/mexico/power-plants-and-their-impact-on-climate-change.php>

DOF. (2021). *Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía expide la metodología para determinar el cálculo y ajuste de las tarifas finales que aplicarán a la Empresa Productiva Subsidiaria CFE Suministrador de Servicios Básicos y su Anexo Único*. México: Diario Oficial de la Federación.

IEA. (2021). The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO₂ emission. *Global Energy Review*, International Energy Agency (IEA).

Li, F., Li, X., Sun, H., Ninno, F. D., Quaglia, F., Cunha, G., Min, L. (2022). La COVID-19 impulsó la electricidad limpia. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

Matevosyan, J., y Holttinen, H. (2024). Hacia los sistemas dominados por fuentes de energía basadas en inversores. *IEEE power & energy magazine*, 22(2), 115p.

Min, L., y Li, F. (2022). La Pandemia: un impacto sin precedentes en el funcionamiento de la red. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

OLADE. (2020). Análisis de los Impactos de la Pandemia del COVID-19 sobre el sector energético de América Latina y el Caribe. *Organización Latinoamericana de Energía*.

ONU. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030*. Recuperado el 25 de enero de 2021, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

SENER. (2017). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2017-2031*. México.

UN. (2022). *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window, Climate crisis calls*. Nairobi, Kenia: United Nations Environment Programme. Obtenido de <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>

Wu, X., y Johnson, B. (2023). Equipos de T&D evolucionando para atender las demandas actuales. *IEEE power & energy magazine*, 21(2), 95p.

Zheng, X., Wu, D., Watts, L., Pistikopoulos, E., y Xie, L. (2022). Análisis de eventos extremos en sistemas eléctricos. *IEEE power & energy magazine*, 20(6), 108p.

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo académico en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma Indígena de México, al Tecnológico Nacional de México unidad Los Mochis, a la Comisión Federal de Electricidad, a la Fundación Carlos Slim, al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

SÍNTESIS CURRICULAR

Lennin Enrique Amador Castro

Doctor en Ciencias en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestro en Ciencias en Electrónica con orientación en Telecomunicaciones por el Centro de Investigación Científica y de Estudios Superior de Ensenada e Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México/ IT de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador. Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: lennin.ac@mochis.tecnm.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6773-711X>

Román Edén Parra Galaviz

Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México e Ingeniero en Geodesia por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Líneas de investigación: Sistemas de Información Geográfica (SIG), Fotogrametría y teledetección aplicado a

recursos naturales. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT) y del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) como candidato a investigador. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Correo electrónico: roman.parra@uas.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-8594>

Jesús Ramón Rodríguez Apodaca

Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Maestro en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana, Campus Otay e Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT). Miembro de la Red Temática Nacional Patrimonio Biocultural del CONAHCYT e integrante del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras Nivel I. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: jramon@uaim.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3609-1958>