

REVISTA
CIENTÍFICA DE

INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



VOLUMEN 1

AÑOS
15



Universidad
La Salle[®]
Oaxaca

-CARTA EDITORIAL-

Investigación e Innovación

apuesta por el desarrollo, la justicia y el futuro



Al reconocido arquitecto e inventor Richard Buckminster Fuller, creador de la cúpula geodésica y del automóvil Dymaxion, le gustaba afirmar que “todos nacemos genios”. Lo decía como una provocación, pero también como un reconocimiento a las capacidades excepcionales de curiosidad y creatividad, innatas al ser humano y que, afirmaba, son para contribuir al desarrollo de la humanidad, la justicia y a la visión de futuro.

En este primer número de la Revista científica de Ingenierías y Arquitectura quiero referirme, aunque sea muy escasa y brevemente, a la curiosidad y a la creatividad y a sus formas especializadas, que son la investigación y la innovación.

Todo nace de la curiosidad, esa admirable capacidad humana que nos lanza a indagar y de donde surgen los saberes, en plural, sean básicos, especializados, complejos o científicos. La investigación, que es una forma educada de la curiosidad, nos acerca a la comprensión cabal de la realidad natural, humana y social.

Pero además de curiosos, también somos creativos. Transformamos para adaptarnos al mundo y mejorar con ello las condiciones de la vida humana. Y aunque la creatividad conserva en la actualidad un halo de misterio que parece

volverla inasequible, sí es posible considerar que los procesos estructurados de innovación, están estrechamente vinculados con los procesos creativos.

¿Entonces contamos con “genios” en la Universidad? Es muy posible, ya que la investigación y la innovación son fundamentales en cualquier Universidad y más en La Salle Oaxaca, porque son los medios de los cuales nos valemos para pensar en el desarrollo, acercarnos a la justicia social y para construir el futuro, factores que, retomando a Buckminster Fuller, auspician los genios.

Me congratulo con este primer número de la revista científica de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad, que aborda seis temas importantes en la sociedad, los cuales resumo de la siguiente manera: vehículos modernos de financiamiento e inversión; producción de hidrógeno a través de la fermentación; análisis del fenómeno isla de calor urbano; uso de fuentes renovables; análisis de la vivienda social en Santa María Atzompa; y el comercio internacional durante la Pandemia COVID-19.

Agradezco a los investigadores, nuestros genios actuales, y a quienes prepararon este primer número de la revista científica. ¡Enhorabuena!

Indivisa Manent

Lo unido permanece

Luis Ignacio Salgado Fernández
Rector

Derechos de Autor (c) 2022 Luis Luis Ignacio Salgado Fernández



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

Aviso de Privacidad Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura

La Universidad La Salle Oaxaca A.C., con domicilio en Camino a San Agustín No. 407, Colonia Santa Cruz Xoxocotlán Oaxaca, Oaxaca, C.P. 71230, es responsable del tratamiento de sus datos personales en términos de lo establecido por el artículo 3º fracción XIV de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP). Los datos personales generales recabados de manera electrónica en este formulario como lo son: nombre completo, correo electrónico personal e institución o lugar de procedencia, serán utilizados para el llenado del formulario de registro que le permitirá tener acceso para publicar o proponer artículos para su exposición en “La Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura” de la Universidad La Salle Oaxaca. Si usted tiene alguna duda sobre el manejo de los datos personales o desea ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición, o bien quiere conocer nuestro aviso de privacidad integral, puede hacerlo entrando a nuestro sitio web: [web www.ulsaoaxaca.edu.mx](http://web.www.ulsaoaxaca.edu.mx).

REIT *como vehículo de financiamiento e inversión para infraestructura: Fibra E en México*

REIT as a financing and investment vehicle for infrastructure: Fibra E in Mexico

Luis Felipe Palacios Altamirano^{1,2}, Jaume Roig Hernando².

Resumen

Desde la crisis económica global de 2009, los desafíos ocasionados por la necesidad de mayor financiamiento para proyectos de infraestructura en los mercados emergentes se han vuelto más notorios. Actualmente se constata una falta de planificación adecuada a largo plazo y la carencia de instrumentos alternativos de financiamiento para infraestructura. Los inversores institucionales pueden convertirse, potencialmente, en una importante fuente de capital a largo plazo para inversiones en infraestructura en las economías en desarrollo. En México, cuyo mercado de capitales está formalmente desarrollado, ha comenzado a utilizarse recientemente una estructura financiera adecuada denominada Fibra. El análisis de los vehículos Fibra revela que parecen ser herramientas convenientes para el desarrollo de bienes raíces e infraestructura. Por ello, es importante centrarse y examinar la evolución de estos esquemas. Su carácter innovador, aunado a diversas ventajas fiscales y financieras en relación con otros esquemas de financiamiento, posiciona a Fibra E como un vehículo adecuado para el financiamiento de infraestructura en México.

Palabras clave

Asociación Público Privada, Fibra, Fideicomiso, Infraestructura, REIT, REIT de Infraestructura, Sistema Financiero, Transporte.

Abstract

Since 2009 global economic crisis, the challenges due to the need for increased funding for infrastructure projects in emerging markets have become more noticeable, currently there is a lack of adequate long-term planning and alternative infrastructure financing instruments, Institutional investors can potentially become a significant source of long-term capital for infrastructure investment in developing economies.

In Mexico, which has a formally developed Capital Market, a suitable and recently used financial structure is called a Fibra. Analysis of Fibra vehicles, reveals that they appear to be adequate tools for the development of real estate and infrastructure. Thus, it is important to focus on and examine the evolution of these schemes. Its innovative nature and various fiscal and financial advantages relative to other financing schemes position FIBRA E as an adequate vehicle for infrastructure financing in Mexico.

Keywords

Fibra, Financial System, Infrastructure, Infrastructure REIT, Public- Private Partnership, Transportation, Trust, REIT.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.149>

Como citar este artículo: Palacios, L., Roig, J. (2022). REIT como vehículo de financiamiento e inversión para infraestructura: Fibra E en México. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 5-21. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.149>

Recibido: 10/07/2021 | Aceptado: 23/11/2021 | Publicado: 1/06/2022

¹ Doctor en Ingeniería Civil. Universidad Nacional Autónoma de México. México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6470-1349>

² Doctor en Ciencias. Universidad Politécnica de Cataluña. España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9598-1152>

*Autor para correspondencia: luisfepalacios@gmail.com

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza y evalúa un vehículo innovador de financiamiento e inversión en infraestructura que fue regulado en 2015 como una evolución del vehículo Fibras: Fibra E.

Lanzado en el contexto Fibras, éste es un vehículo cuyas contrapartes internacionales son los REIT, conocidos por su cotización en bolsa con activos inmobiliarios subyacentes y un efecto significativo en los mercados.

Fibra E, que tiene características similares a los REIT, aunque su activo subyacente es la infraestructura, apunta no sólo a ser un producto competitivo para inversionistas y desarrolladores, sino también a incentivar el desarrollo de infraestructura en un país que tiene relativa falta de ella.

En este texto se examina el actual marco financiero y de inversión en infraestructura desde una perspectiva regional y se realiza una comparación internacional. México cuenta con diferentes mecanismos financieros enfocados en el desarrollo de infraestructura, disponibles para organismos públicos y privados. Por esta razón es importante que administradores, inversionistas, planificadores y formuladores de políticas comprendan el comportamiento tanto de los vehículos tradicionales como de los innovadores, para evaluar aquellos que resulten mejores para invertir en el mercado mexicano de infraestructura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño / metodología / enfoque: metodología inductiva-deductiva y experimental.

En primer lugar se recopilan y analizan los datos de infraestructura provenientes de distintas fuentes, entre ellas, la CEPAL, Infralatam y la OCDE.

En segundo lugar, se utilizan datos financieros de los mercados de valores con la

finalidad de determinar el perfil de riesgo y rendimiento de Fibra E y estimar la viabilidad de su implementación y otros aspectos fundamentales de las organizaciones que cotizan.

En tercer lugar, a partir de un desglose de la distribución anual por acción considerando precios medios según el periodo de las acciones, se determina la rentabilidad por dividendo.

$$dy = dact / ((ppmaxp + ppminp) / 2)$$

donde dy: rendimiento de dividendos, dact: distribución anual sumando cuatro trimestres, ppmaxp: precio máximo promedio por participación al final de los cuatro trimestres del año, ppminp: precio mínimo promedio por participación en los cuatro trimestres del año.

El retorno de capital se calcula restando el valor de la participación al comienzo del periodo al valor al final del periodo. El resultado se divide por el valor de la participación al inicio del periodo.

$$rc = (vfp - vip) / vip$$

donde rc: retorno de capital, vfp: valor de la participación al final del periodo, vip: valor de la participación al inicio del periodo.

El rendimiento total se basa en la siguiente expresión, que consiste en la suma del rendimiento de los dividendos y el rendimiento del capital

$$TP = DY + CP$$

Donde TP: rentabilidad total, DY: rendimiento de dividendos, CP: rentabilidad del capital.

El término Fondos de Operación (FFO) hace referencia a la cifra que utilizan los fideicomisos de inversión inmobiliaria (REITs) para definir el flujo de caja de sus operaciones.

El FFO se calcula sumando la depreciación y amortización a las ganancias y restando cualquier ganancia en las ventas; ocasionalmente,

se cotiza por acción. Al evaluar REIT y fideicomisos de inversión similares debe usarse la proporción de FFO por acción en lugar de las ganancias por acción.

$$ffo = NI + D + A - GOSOP$$

donde FFO: fondos de operación, NI: utilidad neta, D: depreciación, A: amortización, GOSOP: Ganancias por Ventas de Propiedad.

Algunos analistas inmobiliarios también calculan los fondos de operación ajustados de REIT (AFFO). Este cálculo toma el FFO de un REIT y resta tanto los gastos recurrentes que se capitalizan y luego se amortizan, como cualquier línea recta de las rentas.

$$affo = ffo + RI - ce - rma$$

donde affo: fondos de operación ajustados, ffo: fondos de operación, RI: aumentos de alquiler, ce: gastos de capital, rma: montos de mantenimiento de rutina.

RESULTADOS MARCO DE DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA

Una acción elemental para el desarrollo económico es brindar servicios de infraestructura que satisfagan las demandas sociales (Lucioni, 2009).

Desde la década de 1990 hasta 2013, en México, la inversión en infraestructura ha sido baja (<2.2% del PIB) si se la compara con lo que se invierte en otras economías, como las de China (8.5%), Japón (5%) e India (4.7%) (CEPAL, 2016a).

AMÉRICA LATINA

Actualmente, la inversión en infraestructura en América Latina es baja en comparación con la de otras regiones en desarrollo (Lucioni, 2009), representando aproximadamente el 3% del PIB

anual (Bodorevski y Kogan, 2016). Este monto es menor que el nivel del 5% aconsejado por estudios como el de Perroti y Sánchez (2011) o el nivel del 6.2% recomendado por estudios de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2016). Asimismo, en aras de alcanzar estos niveles de inversión recomendados para América Latina, resulta fundamental la coparticipación del sector público y privado.

Según los estudios de Bodorevski y Kogan (2016), entre 2011 y 2014 la inversión pública en cada país de la región ha estado en niveles de aproximadamente 1.5% del PIB en promedio. Por el contrario, la dinámica constatada en la inversión privada muestra una tendencia al crecimiento más acelerada, que representa 1.25% del PIB en promedio, elevándose hasta 2% en 2012.

RETOS ACTUALES

Diversas fuentes sostienen que los inversores institucionales tienen el potencial de convertirse en una fuente importante de capital a largo plazo para la inversión en infraestructura en las economías en desarrollo. En teoría, la infraestructura puede ayudar a los inversores institucionales para considerar un entorno de bajos intereses y proporcionarles un flujo de caja predecible (ajustado a la inflación) y una baja correlación con los rendimientos de las inversiones existentes (Inderst y Steward, 2014).

La atracción de capital privado para inversión en infraestructura en los países en desarrollo depende de diferentes factores, como las políticas de privatización de la infraestructura, el desarrollo de los mercados de capital, los contextos políticos, los fundamentos macroeconómicos a largo plazo y los riesgos nacionales.

CONTEXTO DE LA INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA DE INVERSIÓN Y FINANZAS

De 2008 a 2016, cuatro sectores, distribuidos entre fuentes públicas y privadas, muestran que la inversión pública depende de la inversión privada, que registró una mayor proporción en la década de 1990 según el sector que se comprometió a desembolsar los fondos para los activos (figura 1).

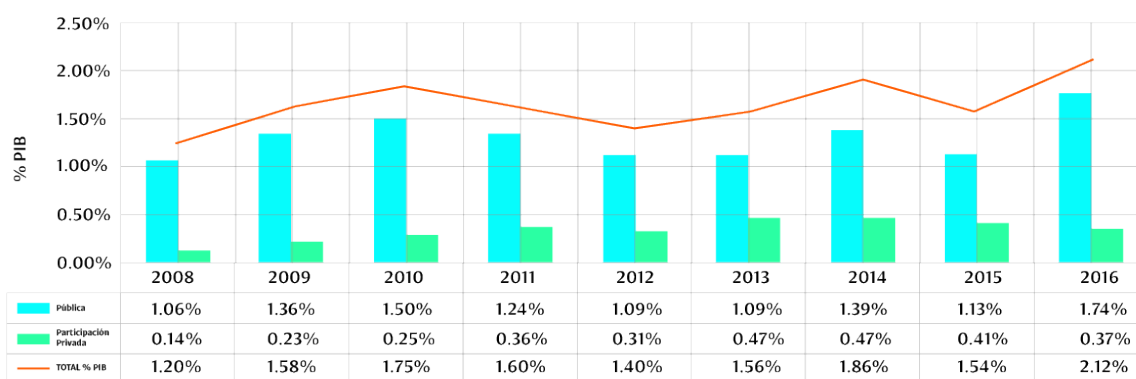


Figura 1. Inversión en infraestructura por fuente de financiamiento, participación pública o privada.

FUENTE: elaboración propia con base en datos de Infralata y Banco de Datos (Banco Mundial). Notas: a) Se incluyen los siguientes sectores de actividad económica: Transporte, Energía, Agua y Saneamiento; b) No se tomaron en cuenta las inversiones por ser consideradas inversiones en el sector petrolero por la base de datos Infralata.

Podemos observar que la participación privada mantiene un crecimiento constante en relación con la inversión pública; este comportamiento podría estar ligado a cambios institucionales asociados principalmente a los modelos de participación público-privada, la evolución de las expectativas de los agentes económicos privados, o a modificaciones en la política económica implementada.

FUENTES Y VEHÍCULOS FINANCIEROS

Dentro del Sistema Financiero Mexicano se pueden encontrar diversas herramientas para el financiamiento de infraestructura; algunas de ellas son el sistema bancario, la bolsa de valores, el mercado de productos organizado, que permite cubrir riesgos de mercado, las compañías de seguros con potencial para financiar proyectos y asegurar

emisiones de bonos, así como un sistema de seguridad social con cierto volumen de ahorro que busca oportunidades de inversión.

Algunos de los vehículos y fuentes para el financiamiento de infraestructura son los presupuestos del gobierno, cargos a usuarios, Banobras, Bancomext, Nafin, Focir, Fonadin, Banco Multilateral de Desarrollo, banca comercial, Sistema de Ahorro para el Retiro.

Los recursos de este último representan un alto porcentaje de los activos del sistema financiero mexicano, lo que convierte a las Siefors en un importante inversionista institucional.

INSTRUMENTOS DE INVERSIÓN

México tiene un mercado de capitales desarrollado. En lo que respecta particularmente a infraestructura, el sector privado y los inversionistas institucionales pueden diversificar sus carteras en instrumentos de capital y deuda que incluyen Certificados de Acciones (Cebures), Fideicomisos de Inversión y Bienes Raíces (Fibras), Certificados de Capital de Desarrollo (CKD), Fondos de Capital Privado, Certificados de Proyectos de Inversión (Cerpi) y Fideicomisos de Inversión en Energía e Infraestructura (Fibra E).

ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO

En México se utilizan los siguientes esquemas de inversión: Instrumentos de Financiamiento Especiales, Empresas de Propósito Especial, Estructuras de Desglose, Seguros de Garantías Financieras, Titulización de Flujos de Caja y Asociaciones Público-Privadas.

ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS

Bajo este esquema se generan contratos de largo plazo, en los que, en muchos casos, los reclamantes del servicio operado por el sector privado son los gobiernos. En este tipo de emprendimientos, los riesgos habituales se traspasan del sector público al privado (Roig, Soriano, 2015).

REIT COMO ALTERNATIVA DE FINANCIAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO

Fibra E, que corresponde al Fideicomiso de Infraestructura y Bienes Raíces, modelo REIT, fue concebida para apoyar la participación privada en el financiamiento de proyectos de infraestructura.

DESEMPEÑO DE FIBRA

Un análisis financiero basado en aspectos como sector, ingreso bruto, gastos operativos, ingreso operativo neto (NOI), flujos operativos (FFO) y rendimiento de dividendos indica que las variantes de Fibras (excluyendo Fibra E) actualmente listadas en la BMV son vistas como un vehículo financiero que ha dado buenos resultados en la Bolsa Mexicana de Valores.

Tabla 1. Análisis financiero de las Fibras cotizadas en la BMV				FUENTE: Elaboración propia con base en los resultados anuales 2018 de Fibras cotizadas en la BMV.* Para el cálculo del Rendimiento por Dividendo analizado se consideró la distribución anual por acción declarada multiplicada por un promedio del precio máximo y mínimo de la participación a lo largo del año.		
FIBRA	SECTOR	INGRESOS (000)	GASTOS OPERATIVOS (000)	NOI (000)	FFO (000)	DIVIDENDO *
UNO	Comercial, Industrial, Oficinas	17,205,129	3,558,687	13,646,442	8,505,358	8.57%
			20.68%	79.32%	49.44%	
HOTEL	Hotelero	4,107,252	2,664,142	1,383,412	1,262,000	9.49%
			64.86%	33.68%	30.73%	
MACQUARIE	Comercial, Industrial, Oficinas	3,307,243	220,537	3,307,243	2,179,942	7.94%
			6.67%	100.00%	65.91%	
INN	Hotelero	2,056,800	1,313,300	710,200	435,900	7.29%
			63.85%	34.53%	21.19%	
TERRAFINA	Industrial	3,996,900	343,300	3,653,600	2,352,900	8.84%
			8.59%	91.41%	58.87%	
SHOP	Comercial	1,377,413	429,179	1,001,450	948,234	10.81%
			31.16%	72.71%	68.84%	
DANHOS	Comercial, Oficinas	5,152.971813	1,000.670865	4,152.300948	3,170.877173	8.11%
			19.42%	80.58%	61.53%	
PROLOGIS	Industrial	3,673.5	701.3	2,972.2	2,070.3	6.68%
			19.09%	80.91%	56.36%	
MTY	Comercial, Industrial, Oficinas	945,824	110,896	834,928	712,261	8.75%
			11.72%	88.28%	75.31%	
HIPO	Hipotecario	1,474,478	287,523.21	973,925	499,848.04	6.98%
			19.5%	66.05%	33.9%	
HD	Comercial, Industrial, Oficinas	505,765.589	161,600.173	344,165.416	88,616.588	8.95%
			31.95%	68.05%	17.52%	
PLUS	Comercial, Oficinas	69,793	2,789	67,004	320,707	0%
			0.55%	96.00%	63.41%	
NOVA	Industrial, Logística y Educación	440,787	13,296.00	427,491.00	362,327.00	8%
			2.63%	96.98%	71.64%	
	Promedios	35,496,211.06	23.13%	76.04%	51.90%	7.72%

Tabla 2. Análisis de unidades Fibras		FUENTE: Elaboración propia con base en datos de la BMV y resultados de Fibra. ** Precio al 26 de julio de 2019 *** EL VALOR NETO DEL ACTIVO (NAV) se calcula restando la deuda a los activos del fideicomiso al segundo trimestre de 2019						
FIBRA	SECTOR	ACCIONES EN CIRCULACIÓN	PRECIO*	CANTIDAD DE PARTICIPACIÓN EN BMV **	NAV***	NAV/CBFI*	P/NAV	% DE PARTICIPACIÓN MERCADO DE FIBRAS
UNO	Comercial, Industrial, Oficinas	3,967,518,199	\$24.50	\$97,204,195,875.50	\$163,414,422,000.00	\$41.19	0.59	30.12%
HOTEL	Hotelero	794,453,946	\$7.19	\$5,712,123,871.74	\$12,869,080,000.00	\$16.20	0.44	1.77%
MACQUARIE	Comercial, Industrial, Oficinas	770,000,000	\$22.30	\$17,171,000,000.00	\$26,959,388,000.00	\$35.01	0.64	5.32%
INN	Hotelero	528,811,458	\$6.89	\$3,643,510,945.62	\$8,830,561,000.00	\$16.70	0.41	1.13%
TERRAFINA	Industrial	790,602,803	\$29.00	\$22,927,481,287.00	\$27,138,457,000.00	\$34.33	0.84	7.11%
SHOP	Comercial	485,374,094	\$8.00	\$3,882,992,752.00	\$10,598,945,000.00	\$21.84	0.37	1.20%
DANHOS	Comercial, Oficinas	1,431,613,897	\$26.10	\$37,365,122,711.70	\$56,489,659,451.00	\$39.46	0.66	11.58%
PROLOGIS	Industrial	644,673,822	\$39.01	\$25,148,725,796.22	\$30,305,106,000.00	\$47.01	0.83	7.79%
MTY	Comercial, Industrial, Oficinas	639,967,331	\$11.75	\$7,519,616,139.25	-\$225,925,000.00	-\$0.35	-33.28	2.33%
HIPO	Hipotecario	388,460,259	\$18.00	\$6,992,284,662.00	\$10,401,855,000.00	\$26.78	0.67	2.17%
HD	Comercial, Industrial, Oficinas	423,770,251	\$7.69	\$3,258,793,230.19	\$3,870,270,000.00	\$9.13	0.84	1.01%
VIA	Infraestructura (Transporte)	1,019,264,726	\$29.00	\$29,558,677,054.00	\$28,241,723,000.00	\$27.71	1.05	9.16%
PLUS	Comercial, Oficinas	373,023,131	\$13.92	\$5,192,481,983.52	\$6,743,441,000.00	\$18.08	0.77	1.61%
NOVA	Industrial, Logística y Educación	241,779,207	\$19.50	\$4,714,694,536.50	\$4,705,135,000.00	\$19.46	1.00	1.46%
CFE	Infraestructura (Energía)	853,195,411	\$18.56	\$15,835,306,828.16	22,534,094,000.00	\$26.41	0.70	4.91%
NAIM (Cancelled)	Infraestructura (Transporte)	0	\$0.00	\$0.00	0.00	\$0.00	0.00	0.00%
INFRAEX	Infraestructura (Transporte y Social)	472,698,639	\$18.50	\$8,744,924,821.50	9,958,578,000.00	\$21.07	0.88	2.71%
UPSITE	Industrial	32,399,312	\$37.00	\$1,198,774,544.00	\$1,148,464,784.00	\$35.45	1.04	0.37%
EDUCA	Educación	1,227,263,448	\$20.20	\$24,790,721,649.60	2,794,296,000.00	\$2.28	8.87	7.68%
STORAGE	Almacenamiento	118,631,163	\$15.40	\$1,826,919,910.20	2,070,265,030.00	\$17.45	0.88	0.57%
	Totales y Promedios	15,203,501,097	\$18.63	\$322,688,348,598.70	\$428,847,815,265.00	\$22.76	1.13	100.00%

RENTABILIDAD

Analizando el Índice S & P/BMV Fibras de 2014 al segundo trimestre de 2019 y comparándolo con los índices S&P Global Property y S&P Global REIT (figura 2), se puede observar un margen estable en aspectos fundamentales.

Se examina cada Fibra de forma particular; su comportamiento en términos de rentabilidad responde mayoritariamente al desempeño de su índice bursátil (figura 3).

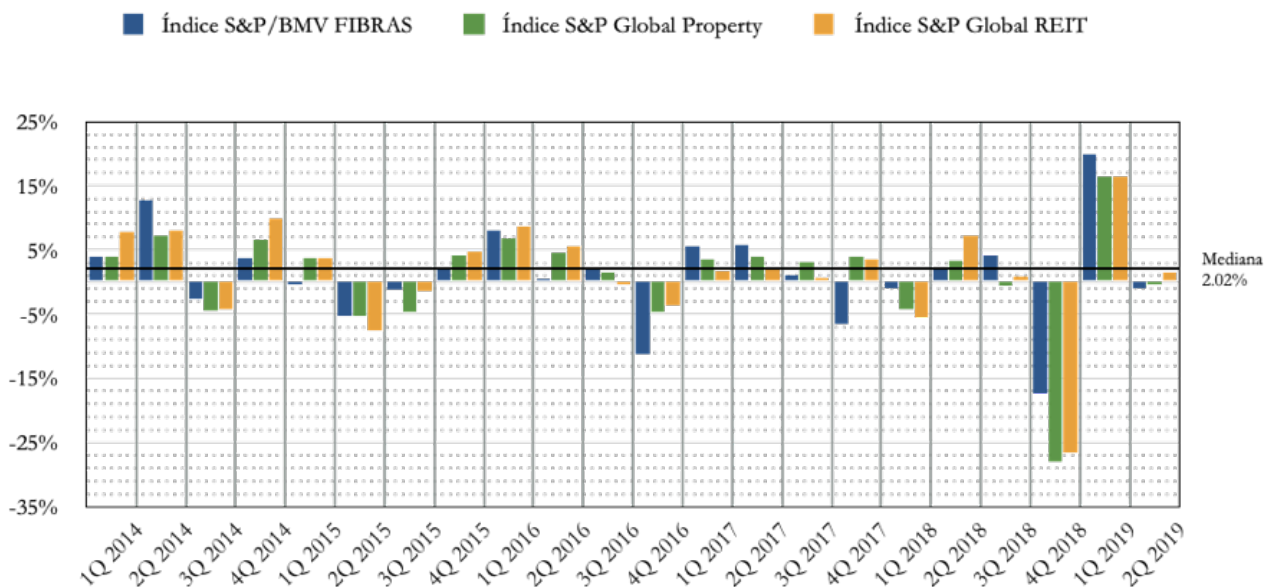


Figura 2. Comportamiento del Índice S & P / BMV Fibras (mide el desempeño de los Fideicomisos de Inversión e Inmobiliaria Fibras de mayor tamaño y liquidez, los cuales cotizan en la Stock Exchange), S&P Global Property (define y mide el universo invertible de las empresas inmobiliarias que cotizan en bolsa. Con más de 760 componentes de 41 países), S&P Global REIT (sirve como un “punto de referencia” completo de los REIT de acciones que cotizan en bolsa, registrados tanto en mercados desarrollados como emergentes).
FUENTE: Elaboración propia con base en Índices S&P Dow Jones: comparación a cinco años.

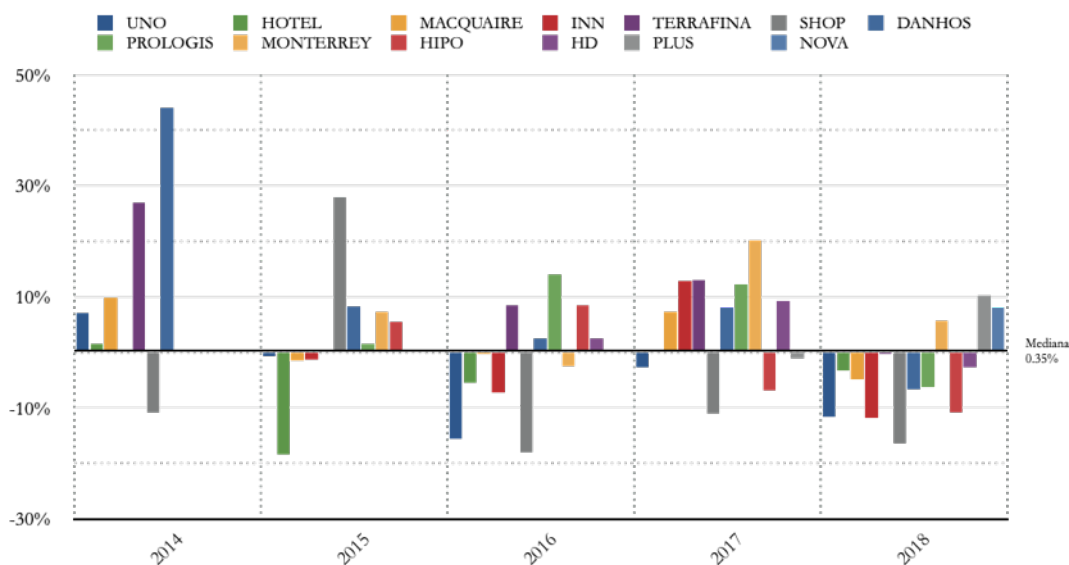


Figura 3. Comportamiento del retorno de la rentabilidad total de Fibra (suma de rentabilidad por capital al cierre del año y rendimiento de dividendo anualizado) (Excluyendo Fibra E y Fibras listados en el año 2018 en BMV).
FUENTE: Elaboración propia con base en datos de BMV y Resultados de Fibras.

El análisis del desempeño de las Fibras en la BMV muestra que, en promedio, de 2014 a 2018 manejan un buen desarrollo en la distribución a los tenedores de certificados; en 2014 han presentado una tasa favorable de retorno sobre el capital de los certificados; asimismo, se evidencia rentabilidad total favorable en términos generales, a excepción de 2016 (gráfica 4). En 2018, los Fibras que muestran mejores resultados son HOTEL, MQUAIRE, TERRAFINA y HD, siendo MQUAIRE Fibra el que muestra resultados más destacados (figura 5).

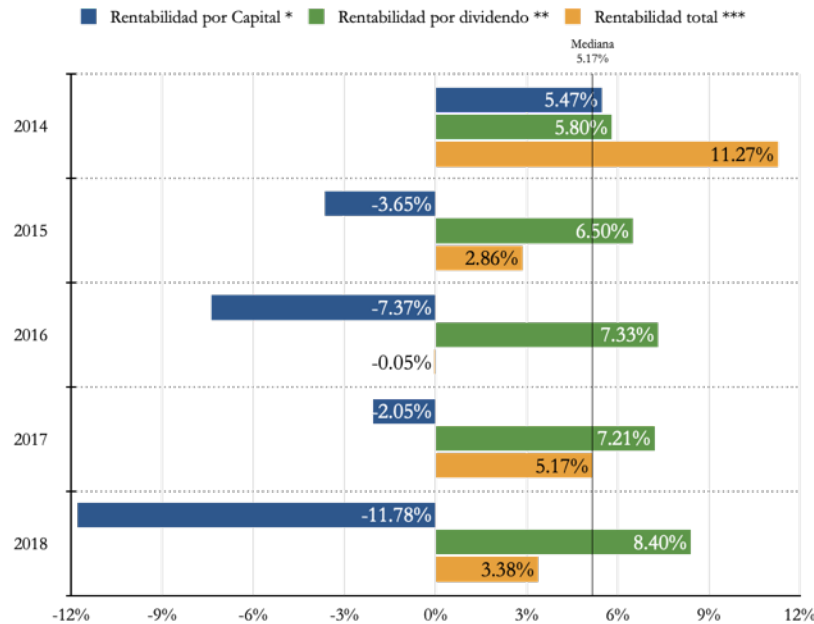


Figura 4. Rentabilidad Promedio Anual de Fibras.

FUENTE: Elaboración propia con base en información de la BMV y declaraciones oficiales anuales de Fibras. * Determinado a partir de la variación entre el precio de la acción el último día del último trimestre de cada año y el precio de la acción el último día del primer trimestre de cada año. ** Determinado como el cociente de la distribución anual por participación entre el promedio de los precios por participación al último día de cada trimestre del año. *** Suma de rentabilidad por capital y rendimiento por dividendos.

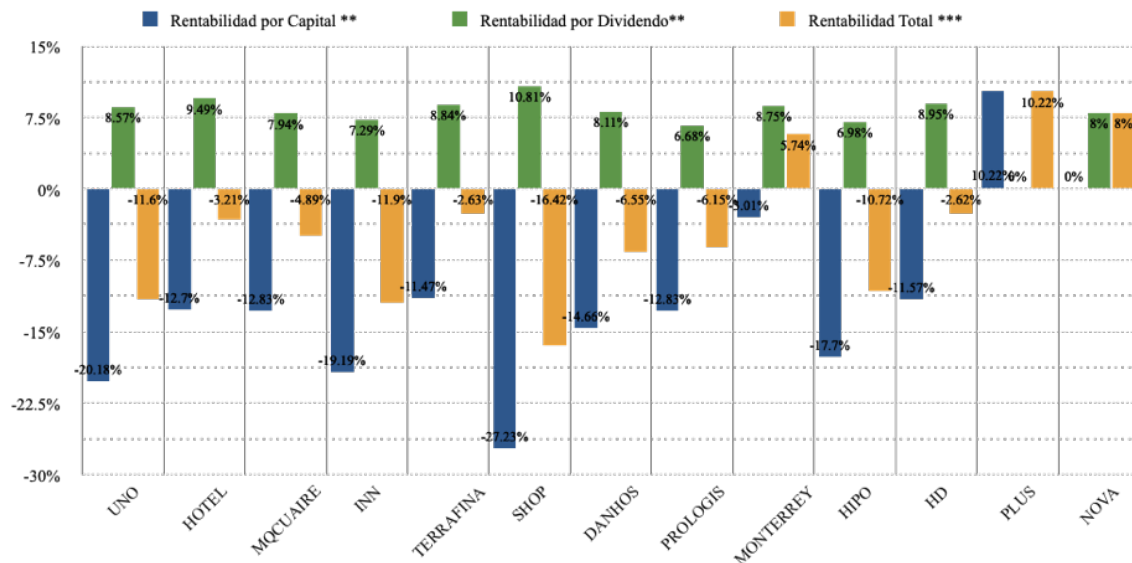


Figura 5. Rentabilidad 2018 por Fibra.

FUENTE: Elaboración propia con base en información de la BMV y declaraciones oficiales anuales de Fibras. * Determinado a partir de la variación entre el precio de la acción el último día del trimestre de cada año y el precio de la acción el último día del primer trimestre de cada año. ** Determinado como el cociente de la distribución anual por participación entre el promedio de los precios por participación al último día de cada trimestre del año. *** Suma de rentabilidad por capital y rendimiento de dividendos.

RIESGO DE FIBRA

Los REIT están más correlacionados con la renta variable que con la renta fija, esta correlación varía con el tiempo; por tanto, el uso de una gestión activa, que identifique los momentos óptimos de inversión y desinversión, será decisivo para la obtención de esquemas de inversión óptimos (Mull y Soenen, 1997).

Los REIT pueden actuar como cobertura contra la inflación, porque los flujos de efectivo de sus activos subyacentes suelen estar referenciados al índice de precios al consumidor mediante las cláusulas incluidas en los arrendamientos (Francis e Ibbotson, 2009).

FIBRA E, REIT MEXICANO DE INFRAESTRUCTURA

Fibra E es un vehículo que emite valores al público inversionista bajo el instrumento de Certificados Bursátiles Fiduciarios de Inversión en Energía e Infraestructura (CBFE). La actividad principal de Fibra E supone invertir en acciones de empresas mexicanas dedicadas a actividades en el sector de hidrocarburos; generación, transmisión o distribución de energía eléctrica; determinados proyectos de inversión en infraestructura; o administrar Fibra E.

En el segundo trimestre de 2019 se listan cuatro variantes de Fibra E cotizadas en las BMV: Fibra Vía, Fibra CFE, Fibra NAIM y Fibra Inframex.

REITS DE INFRAESTRUCTURA EN LOS MERCADOS GLOBALES

En algunos países, como India, Singapur y Estados Unidos, existen estructuras similares. India implementó un instrumento llamado InvITs-Fideicomiso de Inversión en Infraestructura. La Securities and Exchange Board of India (la “SEBI”) publicó regulaciones para este tipo de vehículo con el fin de brindar opciones de financiamiento más fáciles a los desarrolladores de obras públicas.

En Singapur, el modelo de confianza empresarial dirige y gestiona una empresa comercial; los fideicomisos comerciales registrados deben tener un administrador fiduciario cuya función es salvaguardar los intereses de los beneficiarios y administrar el negocio del fideicomiso. Este modelo ha demostrado ser muy eficaz para el país. Durante la última década, Singapur se ha convertido en un centro líder para la financiación de proyectos de infraestructura (Pawha, Panjal, Mohan, 2015). En Estados Unidos, Master Limited Partnership (MLP) es una estructura comercial que se grava como una sociedad, pero cuyos intereses de propiedad se negocian en un mercado, como las acciones corporativas.

Al examinar los resultados financieros de tres MLP en el segundo trimestre de 2019, se observan resultados similares y favorables (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis financiero de tres MLP al segundo trimestre de 2019		FUENTE: Elaboración propia con base en los resultados del segundo trimestre de 2019 de los resultados de tres MLP			
VEHÍCULO	NP (000)	INGRESOS FINANCIEROS (000)	GASTOS OPERATIVOS (000)	GASTOS FINANCIEROS (000)	RENTABILIDAD POR DIVIDENDO *
Shell Midstream Partners, L.P.	121,000.00	92,000.00	73,000.00	21,000.00	1.83%
		76.03%	60.33%	17.36%	
PBF LOGISTICS LP	82,750.00	0.00	44,987.00	11,216.00	2.47%
		0.00%	54.36%	13.55%	
WESTERN MIDSTREAM PARTNERS, LP	685,054.00	**	437,531.00	**	1.22%
			63.87%		
Totales y Promedios	888,804.00	38.02%	59.52%	15.45%	1.84%

*Para el cálculo de la Rentabilidad por dividendo, se consideró la distribución anual por acción declarada multiplicada por un promedio del precio de cierre de la participación al final de cada trimestre a lo largo de 2019.

Tabla 4. Análisis financiero de los REITS de infraestructura de América del Norte		FUENTE: Elaboración propia con base en los resultados anuales de los REITS de Infraestructura de 2016 *** Datos no representados en los resultados de REIT				
REIT	SUBSECTOR	INGRESOS (000)	GASTOS OPERATIVOS (000)	NOI (000)	FFO (000)	RENTABILIDAD POR DIVIDENDO *
AMERICAN TOWER CORPORATION	Comunicaciones	7440,000	2,252,000	5,188,000	3,539,000	2.13%
			30.27%	69.73%	47.57%	
COREENERGY INFRASTRUCTURE TRUST	Energía	89,231,598	45,164,181	44,067,417	47,959,311	8.23%
			50.61%	49.39%	53.75%	
CROWN CASTLE INTERNATIONAL CORP.	Comunicaciones	5,423	3,991	1,432	**	3.93%
			73.59%	26.41%	**	
LANDMARK INFRASTRUCTURE PARTNERS LP	Comunicaciones, Publicidad y Energía	115,821	11,441	104,380	23,914	10.33%
			9.88%	90.12%	20.65%	
POWER REIT	Energía Alternativa y Transporte	1,974,623	1,135,812	838,811	**	**
			57.52%	42.48%	**	
SBA COMMUNICATIONS CORPORATION	Comunicaciones	1,865,695	1,321,529	544,166	**	5.71%
			70.83%	29.17%	**	
UNITI GROUP INC	Comunicaciones	1,017,634	1,006,510	16,545.00	373,741.00	11.95%
			98.91%	1.63%	36.73%	
	Promedios	1,786,918.23	55.95%	44.13%	39.67%	7.05%

*Para el cálculo de la Rentabilidad por dividendo, se consideró la distribución anual por acción declarada multiplicada por un promedio del precio de cierre de la participación al final de cada trimestre a lo largo de 2019.

La comparación de los datos obtenidos del análisis financiero de los Fibras y de los REITS de infraestructura de América del Norte y los proyectos desarrollados bajo un esquema de endeudamiento estructurado en México ilustran un comportamiento similar en aspectos determinantes como los flujos de operación y el rendimiento de dividendos. Tal comportamiento muestra que, en operación y rentabilidad, a pesar de representar un costo de financiamiento mayor, las Fibras son un vehículo que maneja cifras comparables a las de vehículos similares en el mercado.

Tabla 5. Comparación del desempeño de Fibras, REITS de infraestructura de América del Norte y proyectos desarrollados bajo esquema de endeudamiento			FUENTE: Elaboración propia con base en los resultados anuales de los REITS de infraestructura de 2016 y del cuarto trimestre de 2016 de Fibras. Las cifras de Fibras se muestran en MX \$ y las cifras de REITS en USD		
VEHÍCULO FINANCIERO	INGRESOS (000)	GASTOS OPERATIVOS (000)	NOI (000)	FFO (000)	RENTABILIDAD POR DIVIDENDO*
FIBRA	35,496,211.06	23.13%	76.04%	51.90%	7.72%
REIT de infraestructura	1,786,918.23	55.95%	44.13%	39.67%	7.05%
Proyectos desarrollados bajo esquema de endeudamiento estructurado					6.93%
	Variación		31.91%	12.23%	0.67%

*Para el cálculo de la Rentabilidad por dividendo, se consideró la distribución anual por acción declarada multiplicada por un promedio del precio de cierre de la participación al final de cada trimestre a lo largo de 2019.

CONTEXTO ACTUAL DE LOS REIT DE INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO

En octubre de 2016 se realizó la oferta pública de Fibra Vía, cuyo fideicomiso se constituyó para monetizar la carretera México-Toluca.

Desde 2018, CFE Capital administra el primer fideicomiso de inversión en energía e infraestructura de México especializado en el sector energético del país.

En 2018, Prodemex y Banco Actinver anunciaron la oferta pública primaria de Certificados de Acciones Fiduciarias en energía e infraestructura para el lanzamiento de la cuarta Fibra E bajo el teclado Infraex.

Tabla 6. Análisis de las unidades Fibras E	FUENTE: Elaboración propia con base en datos de la BMV y resultados de Fibra. ** Precio al 26 de julio de 2019 *** El VALOR NETO DEL ACTIVO (NAV) se calcula restando la deuda a los activos del fideicomiso al segundo trimestre de 2019.							
FIBRA	SECTOR	ACCIONES EN CIRCULACIÓN	PRECIO*	CANTIDAD DE PARTICIPACIÓN EN BMV **	NAV***	NAV/ CBFI*	P/NAV	% DE PARTICIPACIÓN FIBRAE MERCADO
VÍA	Infraestructura (transporte)	1,019,264,726	\$29.00	\$29,558,677,054.00	\$28,241,723,000.00	\$27.71	1.05	54.60%
CFE	Infraestructura (Energía)	853,195,411	\$18.56	\$15,835,306,828.16	22,534,094,000.00	\$26.41	0.70	29.25%
NAIM (Cancelado)	Infraestructura (transporte)	0	\$0.00	\$0.00	0.00	\$0.00	0.00	0.00%
INFRAEX	Infraestructura (Transporte y Social)	472,698,639	\$18.50	\$8,744,924,821.50	9,958,578,000.00	\$21.07	0.88	16.15%
	Totales y promedios	2,345,158,776	\$16.52	\$54,138,908,703.66	\$60,734,395,000.00	\$25.90	0.64	100.00%

RETORNO SOBRE LOS INGRESOS DE FIBRA E

Al analizar los resultados trimestrales de la E de Fibra en el primer trimestre de 2019 (Tabla 7), sería apresurado formarse una determinación concreta de la situación; sin embargo, observar vehículos similares en el mercado puede permitir hacer buenas estimaciones de su comportamiento. Cabe destacar que sus indicadores se diferencian de los de las Fibras convencionales por sus características administrativas.

Tabla 7. Análisis de las unidades Fibras E	FUENTE: Elaboración propia con base en datos de la BMV y resultados de Fibra. ** Precio al 26 de julio de 2019 *** El VALOR NETO DEL ACTIVO (NAV) se calcula restando la deuda a los activos del fideicomiso al segundo trimestre de 2019.				
VEHÍCULO	NP (000)	INGRESOS FINANCIEROS (000)	GASTOS DE EX- PLOTACIÓN (000)	GASTOS FINAN- CIEROS (000)	RENTABILIDAD POR DIVIDEN- DO *
FIBRA VIA	799,806.00	119,740.00	4,114.00	0.00	1.35%
CFE FIBRA	710,904.00	14.97%	0.51%	0.00%	
INFRAEX FIBRA	245,692.00	0.00	29,029.00	0.00	5.00%
Totales y Prome- dios	1,756,402.0	0.00%	4.08%	0.00%	
		747.00	9,048.00	0.00	2.00%
		0.30%	3.68%	0.00%	
		5.09%	2.76%	0.00%	2.78%

*Para el cálculo de la Rentabilidad por dividendo, se consideró la distribución anual por acción declarada multiplicada por un promedio del precio de cierre de la participación al final de cada trimestre a lo largo de 2019.

COMPARACIÓN DE DATOS CON OTROS VEHÍCULOS (MLP)

Al comparar los resultados del vehículo Fibra E con las tres variantes de MLP de Estados Unidos (tabla 8), se observa que muestran un desempeño similar, lo que puede interpretarse como un aspecto favorable en la implementación y desarrollo de Fibra E.

Tabla 8. Comparación del análisis financiero de Fibra E y MLP con el segundo trimestre de 2019		Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del segundo trimestre de 2019 de Fibras E y MLP			
VEHÍCULO	NP (000)	INGRESOS FINANCIEROS (000)	GASTOS DE EXPLOTACIÓN (000)	GASTOS FINANCIEROS (000)	RENTABILIDAD POR DIVIDENDO
FIBRA E	1,756,402.00	5.09%	2.76%	0.00%	2.78%
MLP	888,804.00	38.02%	59.52%	15.45%	1.84%
	Variaciones	-32.93%	-56.76%	-15.45%	0.94%

RIESGO DE FIBRA E

En comparación con las Fibras inmobiliarias, el sector de infraestructura requiere que se tengan en cuenta ciertas consideraciones, restricciones y niveles de apalancamiento sobre los activos subyacentes, sopesando la diferencia de la naturaleza subyacente de sus respectivos activos.

La naturaleza inherente a los activos de infraestructura es diferente de la de los activos inmobiliarios; además, cada subsector tiene sus propias características únicas.

Fibra E es un instrumento que, como especificación, permite la inversión en activos maduros con una generación de flujos continua y probada, lo que reduce significativamente la exposición al riesgo de los inversionistas en comparación con las Fibras inmobiliarias regulares.

EXPECTATIVAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL VEHÍCULO FIBRA

Entre las ventajas observables de Fibra E se incluyen el acceso que brinda a financiamiento por medios alternativos, los beneficios fiscales para administradores e inversionistas, la liquidez inmediata para el inversionista y su desempeño en relación a otros vehículos.

Fibra puede ser un vehículo interesante porque mejora la transparencia, liquidez y accesibilidad para los inversionistas, brindando una distribución interesante de beneficios fiscales e ingresos (Roig Hernando, 2010).

Una clara desventaja observada en Fibra E es que, por su novedad, y dadas sus características, cuenta con un pequeño cúmulo de referencias que le permitan atender los inconvenientes que pudieran surgir en su desarrollo.

CONCLUSIONES

Al examinar los datos correspondientes al desenvolvimiento de la infraestructura regional, se evidencia una brecha en la inversión de México en comparación con la de otras regiones en desarrollo, lo que da cuenta de la necesidad de fomentar una planificación integral, que involucre a los responsables de la formulación de políticas, así como a organizaciones públicas y privadas, para mejorar la toma de decisiones en términos de inversión.

Existe una clara necesidad de trabajar en el desarrollo y madurez de mecanismos que permitan la adecuada integración de los elementos involucrados en el desarrollo de infraestructura, y así incentivar la implementación de nuevos vehículos de financiamiento.

El análisis de vehículos recientemente creados en México (Fibras) ilustra que son adecuados para el desarrollo de infraestructura en el país; por lo tanto, es importante centrarse y examinar el desarrollo de estos esquemas.

REFERENCIAS

- Arciniega Caballero, M. (2016). Fideicomisos de Inversión en Bienes Raíces (FIBRAS) como una opción de inversión en México D.F., *To obtain the Specialty in Finance* (Tesina). Instituto Politécnico Nacional. <https://goo.gl/PnB63f>
- Arellano, A. (2016). Fibra E Una primera aproximación a su diseño y funcionamiento fiscal. *Evercore*. <https://goo.gl/HrMTJg>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2016). Situación y desafíos de las inversiones en infraestructura en América Latina. *Boletín FAL*. Edición No. 347, (3). <https://goo.gl/Dcg6jd>
- Cruz García, A. F. (2015). Private Equity for Real State in México, overview, challenges and opportunities. *Theses: To obtain the Master of Science in Real Estate Development; Massachusetts Institute of Technology*. <https://goo.gl/ExVthP>
- Fuentes Flores, N. A. (2003). Crecimiento económico y desigualdades regionales en México: el impacto de la infraestructura. *Región y Sociedad* XV(27), 82-106. <https://goo.gl/KcPQh4>
- Fuentes Flores, N. A., y Mendoza Cota, J. E. (2003). Infraestructura pública y convergencia regional en México. *Comercio Exterior*, 53(2), 178-187. <https://goo.gl/Bns5nq>
- García-Kilroy, C., y Heinz P. R. (2017). *Financiamiento Privado de la Infraestructura Pública en América Latina y el Caribe*. Grupo Banco Mundial. <https://goo.gl/n778sP>
- Garrigues (2015). *Fibras E, Aspectos regulatorios y fiscales*. J&A Garrigues. <https://goo.gl/eX9Loi>
- Inderst, G., y Steward, F. (2014). Institutional Investment in infrastructure in Developing Countries. *The World Bank, Financial and Private Sector Development, Global Capital Markets and Non-Bank Financial Institutions*. <https://goo.gl/YcLFxh>
- Kogan, J., y Bondorevsky D. (2016) La infraestructura en el desarrollo de América Latina. *Economía y Desarrollo*, 156(1), 168-186. <https://goo.gl/wPQZDx>
- Lardé, J., Marconi, S., y Oleas, J. (2014). Aspectos metodológicos para el tratamiento estadístico de la infraestructura en América Latina y el Caribe. *CEPAL, Serie- División de Recursos Naturales e Infraestructura, División de estadísticas*, (168). <https://goo.gl/dXWzpf>
- Lucioni, L. (2009). La provisión de infraestructura en América Latina: tendencias, inversiones y financiamiento. CEPAL, *Serie- División de Desarrollo Económico, Macroeconomía del Desarrollo*, (72). <https://goo.gl/nDV1Gp>
- Martínez, A. (2011). Liquid Real Estate Investment Fund in Latin America: Analysis of Worldwide Best Practices and Portfolio Proposal. *Theses: To obtain the Master of Science in Real Estate Development; Massachusetts Institute of Technology*. <https://goo.gl/ZmdLqx>
- Medina-Mora López, I. (2007). Fideicomisos de Infraestructura y Bienes Raíces. *Theses*, Instituto Tecnológico Autónomo de México. <https://goo.gl/Ce8nhi>
- Moguillansky, G., y Bielschowsky, R. (2000). Inversión y reformas económicas en América Latina. CEPAL/FCE: <https://goo.gl/WzgMKA>
- Pawha, R., Pranjali, P., y Mohan, A. (2014). Infrastructure Investment Trust/ A roadmap for Growth. *Taxmann's Corporate Professionals Today*, 31(64), 762-767. <https://goo.gl/JIRwKp>
- Roig Hernando, J. (2010). *Análisis e inversión en el mercado inmobiliario desde una perspectiva conductual*. (Tesis de doctorado). Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Cataluña. <https://goo.gl/B87XKF>
- Roig Hernando, J., y Soriano Llovera, J. (2010). Public-Private Partnerships for Real Estate Projects: Current Framework and New Trends. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 15(1), 35-44. <https://goo.gl/gxS8cv>
- Sosa López, I., y Castillo Águila, F. (2016). Fibra E: Su régimen fiscal y lo que falta. *Thompson Reuters, Análisis y Opinión* (pp. 68-74). <https://goo.gl/mxedd2>
- Tomassian, G. C. (2015). Financiamiento de la infraestructura para la integración regional Alternativas para América del Sur. CEPAL, *Financiamiento para el Desarrollo*, Serie 259. <https://goo.gl/cN4zNP>
- Villa Zárate, J., Currie y Brown (2010). El Rol del Mercado de Capitales y las Fuentes de Financiamiento de Infraestructura en México. BID/ PIAPPEM/ MIF Fomin. <https://goo.gl/MTYXhW>

Derechos de Autor (c) 2022 Luis Felipe Palacios Altamirano y Jaume Roig Hernando



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

FERMENTACIÓN OSCURA PARA LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Dark Fermentation for Hydrogen Production

Héctor Alfredo López-Aguilar,¹ Elliott Humberto Luna Nevarez¹

Resumen

Desde la Revolución industrial se ha perpetuado un sistema de producción en el que el uso de combustibles fósiles ha sido el escenario más común y rentable a corto plazo. Ello ha ocasionado el cambio climático global, causando alteraciones en la temperatura y los patrones de precipitación. Actualmente, es de vital importancia la búsqueda de combustibles alternativos, que minimicen la contaminación ambiental, así como reusar, reciclar y reutilizar los residuos obtenidos en los procesos de producción. En este trabajo se presenta la tecnología de fermentación oscura (FO) para la producción de hidrógeno, como un proceso amigable con el ambiente, con potencial para producir hidrógeno y atender la demanda energética, además de propiciar la disposición de los residuos orgánicos, tanto agrícolas como urbanos, y transformarlos en productos de valor. El presente trabajo es un análisis del estado del arte del proceso de FO para la producción de biohidrógeno, que analiza los microorganismos participantes y las principales acciones que es necesario realizar para mejorar el rendimiento del proceso biotecnológico. La naturaleza y el tipo de investigación fueron cualitativa y exploratoria, respectivamente, y la metodología utilizada en la misma fue bibliográfica/documental. Se pretende que la información recopilada pueda ser utilizada como base para futuras investigaciones y desarrollo de tesis. Se concluye que el aprovechamiento de la biomasa residual a partir de su transformación en hidrógeno por medio de la FO, tiene potencial para generar beneficios para la sociedad y contribuir al desarrollo sostenible en la producción de energéticos.

Abstract

Since the industrial revolution, a production system has been perpetuated in which the use of fossil fuels has been the most common and profitable production scenario in the short term. What has caused global climate change, causing alterations in temperature and precipitation patterns. Currently, the search for alternative fuels that minimize environmental pollution, as well as reuse, recycle, and reuse the waste produced in production processes is of vital importance. The dark fermentation technology for hydrogen production is presented as an environmentally friendly process, with the potential for hydrogen production and meeting energy demand. In addition to promoting the disposal of organic waste, both agricultural and urban, and transforming them into valuable products. The present work is an analysis of the state of the art of the dark fermentation process for the production of biohydrogen, the participating microorganisms and the main actions to improve the performance of the biotechnological process. The nature and type of research was qualitative and exploratory, respectively, and the methodology used for this research was bibliographic / documentary. It is intended that the information collected can be used as a basis for future research and thesis development. It is concluded that the use of residual, agricultural and / or urban biomass, from its transformation into hydrogen, through dark fermentation, has the potential to generate benefits for society, contributing to sustainable development in energy production.

Palabras clave

Bacterias anaerobias, Biocombustibles, Biohidrógeno, Residuos

Keywords

Anaerobic bacteria, Biofuels, Biohydrogen, Wastes.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.152>

Como citar este artículo: López, H., Luna, E. (2022). Fermentación oscura para la producción de hidrógeno. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 22-29. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.152>

Héctor Alfredo López Aguilar
<https://orcid.org/0000-0001-7324-1700>

Elliott Humberto Luna Nevárez
¹Universidad La Salle de Chihuahua, Escuela de Ingenierías.
Autor para correspondencia: helopez@ulsachihuahua.edu.mx

Recibido: 01/07/2021 | Aceptado: 22/11/2021 | Publicado: 1/06/2022

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la sostenibilidad nunca había sido tan importante en la historia del hombre como lo es hoy en día. Actualmente es considerada en las agendas internacionales de los miembros de las Naciones Unidas (CEPAL, 2019). La sostenibilidad está arraigada en la conciencia social de la necesidad de alcanzar un balance entre el desarrollo humano y la conservación del ambiente (Sobrino, Monroy y Pérez, 2011). No obstante, la estabilidad mundial se encuentra amenazada por el cambio climático; probablemente éste sea el desafío más crítico que debe afrontar la humanidad en este siglo (University of Oxford, 2015).

Desde la Revolución industrial se han utilizado combustibles de origen fósil como fuente de energía. El uso de este tipo de combustibles está asociado a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente CO₂, cuya producción ha aumentado un 40% desde dicha revolución (Moreira y Pires, 2016). El incremento en las emisiones de CO₂ ha afectado los patrones climáticos naturales de la tierra, ocasionando cambios de temperatura y patrones de precipitación atípicos (Costello y otros, 2009). Para mitigar el cambio climático, se debe fomentar el uso de sistemas de combustible de baja emisión de carbono (Von Christiansen y Haselip, 2018). El hidrógeno (H₂) no genera emisiones de CO₂; el producto de su combustión es agua. La generación de hidrógeno (H₂) puede lograrse mediante la utilización de residuos orgánicos a través de los procesos biológicos (Mirza, Qazi, Liang y Chen, 2019; Lu y otros, 2019). Se ha encontrado que el H₂ es un combustible limpio, que desempeñará un papel clave en la transición hacia un sistema energético sostenible en 2050 (Staffell y otros, 2019). En el presente trabajo se realiza una revisión y análisis del estado del arte de la tecnología de fermentación oscura para la producción de biohidrógeno. Se espera que la información presentada sirva de base y material de consulta para la realización de futuras investigaciones y el desarrollo de trabajos de tesis para la formación de ingenieros, especialmente en el área de las energías alternativas.

2. CRITERIOS METODOLÓGICOS

La naturaleza de la presente investigación es cualitativa, ya que el fenómeno se aborda desde un enfoque interpretativo del estado de arte disponible.

El tipo de investigación es exploratorio, debido a que se busca encontrar la solución a una problemática emergente, como es la necesidad de combustibles disponibles y la disposición de los residuos orgánicos. La metodología de esta investigación es bibliográfica/documental, pues se basa en el análisis de artículos científicos publicados en revistas internacionales indexadas. Su alcance es transversal y se basa en información publicada previamente.

3. RESULTADOS

Biohidrógeno y fermentación oscura

El hidrógeno es un vector o portador promotor de energía; puede ser producido mediante procesos biológicos, menos costosos energéticamente y más amigables con el ambiente en términos globales de reducción de la emisión de CO₂. Se ha encontrado que las tecnologías de producción de biohidrógeno renovable tienen potencial para volverse competitivas en costos, ya que pueden usar biomasa residual como materia prima (Kotay y Das, 2008), por ejemplo, residuos municipales, de la agricultura y la industria, así como aguas residuales.

El biohidrógeno puede ser producido por organismos autótrofos y heterótrofos (Kotay y Das, 2008; Koutsopoulos, Fotidis, Tsolakis y Martzopoulos, 2009) a partir de catálisis microbiana, ya sea en presencia o ausencia de fuentes de luz (Azwar, Hussain y Abdul, 2014; Show y otros, 2019); también puede ser generado mediante fotofermentación y biofotólisis (Eroglu y Melis, 2011; Mishra, Roy y Mohanty, 2019) y por medio de fermentación oscura (FO) (Banu, Kavitha,

Kannah, Bhosale y Kumar, 2020; Ghimire A. y otros, 2015).

De todos los métodos biológicos utilizados para producir hidrógeno, el más prometedor y amigable con el ambiente es la FO (Bedoya, Castrellón, Ramírez y Arias Zabala, 2008). Se trata de un proceso biológico en el que microorganismos degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno para producir una mezcla gaseosa llamada biogás, compuesta en su mayoría por hidrógeno y bióxido de carbono, y una mezcla sólida denominada digestato, que contiene ácidos grasos volátiles, alcoholes, carbohidra-

tos, lípidos y proteínas, entre otros compuestos (Pandey, 2013; Suntomauro y otros, 2018).

La FO es una etapa intermedia de la degradación de materia orgánica en condiciones anaerobias y se desarrolla en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (figura 1). La metanogénesis es la etapa determinante, pues en ella se consume el H_2 producido en la fermentación para producir CH_4 . Por lo anterior, es necesario buscar métodos que inhiban la etapa de metanogénesis, pues, para producir H_2 , es vital su desaparición (Valdez-Vázquez y Poggi-Varaldo, 2009).

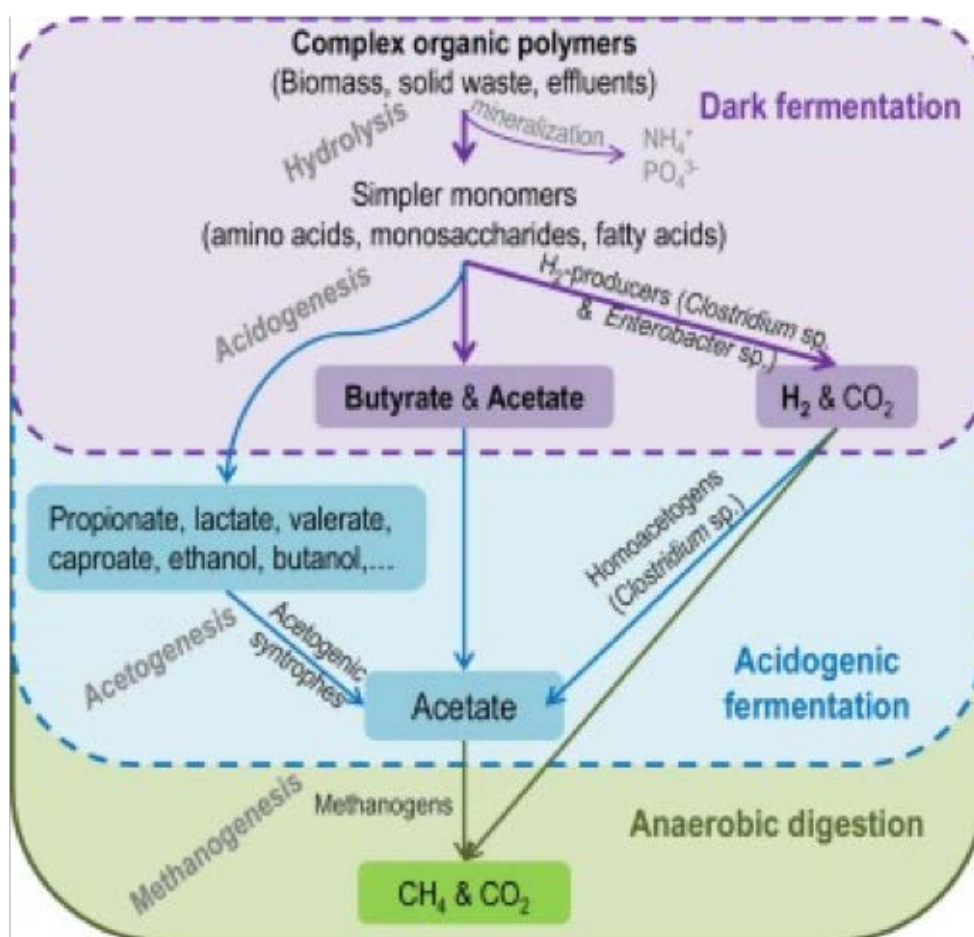


Figura. 1 Relación entre digestión anaeróbica, fermentación acidogénica, fermentación y fermentación oscura (Saady, 2013).

Es posible inhibir la etapa de metanogénesis empleando diferentes métodos, como el control biocinético (control de la carga orgánica, el tiempo de residencia hidráulica y el pH) y los pretratamientos del inóculo, los cuales pueden ser térmicos y químicos. El pretratamiento térmico es uno de los más utilizados y consiste en inactivar los microorganismos metanogénicos y seleccionar aquellos que producen esporas en condiciones de estrés térmico (Valdez-Vásquez y Poggi-Varaldo, 2009).

La FO de carbohidratos complejos por microbota anaeróbica mezclada puede dar lugar a una amplia gama de intermediarios y derivados, dependiendo de los parámetros operacionales, por ejemplo, el tipo de sustrato, la carga de sustrato, el pH, la temperatura y otras condiciones operativas y ambientales.

MICROORGANISMOS EN LA FO

Las bacterias anaeróbicas fermentativas —*Enterobacter*, *Bacillus* y *Clostridium*— pueden producir H₂ mediante procesos de FO (Dong-Hoon y Kim, 2011). Las bacterias más comúnmente utilizadas en la FO son las pertenecientes al género *Clostridium*, que comprenden *butyricum*, *thermolacticum*, *pasteurianum* y *bifementantes* (Bao, Su y Tan, 2012). El género *Clostridium* es una bacteria gram positiva con alta producción de H₂, debido a que tiene una ruta metabólica versátil; se identificó que, junto con la generación de H₂, puede producir diferentes derivados (Silva y otros, 2018).

La producción de hidrógeno por estas bacterias depende de ciertas condiciones del proceso, como pH, tiempo de retención hidráulica (HRT) y presión parcial del gas. La formación de los productos obedece a las condiciones ambientales en que crecen los microorganismos. Productos como etanol, butanol y lactato contienen hidrógeno que todavía no se ha liberado; así, para maximizar la cantidad de hidrógeno, el metabolismo de la bacteria debe enfocarse en la producción de ácidos grasos volátiles (VFA) (Chen y otros, 2005; Lin y Chen, 2006).

Estas bacterias utilizan inicialmente las rutas catabólicas de los polisacáridos, los aminoácidos y el glicerol para producir glucosa; poste-

riormente, la glucosa es transformada en piruvato vía glucólisis para seguir las rutas de la fermentación alcohólica, láctica y acética (Bedoya y otros, 2009). Las fermentaciones se llevan a cabo a diferentes temperaturas, desde mesófilas (25-40 °C), hasta termófilas (>50 °C), produciéndose biogás que contiene H₂, CO₂, CO, H₂S y, en algunos casos, CH₄ (Lin y Chang, 2004),

MEJORA DEL RENDIMIENTO DE LA FO

Para incrementar el rendimiento de la FO, es esencial usar microorganismos capaces de generar un alto rendimiento de hidrógeno, como los *Bacillus amyloliquefaciens* y *C. pasteurianum*, así como usar algunas técnicas avanzadas de fermentación co-cultivo. La aplicación de cepas mutantes obtenidas mediante ingeniería genética será prometedora en la FO. El desarrollo de sistemas integrados de FO con otras tecnologías, como la digestión anaeróbica, es importante para la valorización del efluente de FO, haciendo que la producción de biohidrógeno sea rentable y sostenible (Baeyens y otros, 2020).

El sustrato es un factor crucial para la producción de hidrógeno mediante fermentación oscura (Srivastava y otros, 2019). Las bacterias anaeróbicas de fermentación oscura son capaces de producir hidrógeno desde varias fuentes de carbono, como azúcares simples (por ejemplo, glucosa, sucrosa y lactosa), desechos que contienen almidón o celulosa, desechos de la industria alimentaria y aguas residuales.

Un método de producción de biocombustible rentable y amigable con el ambiente se desarrolla utilizando lenteja de agua como materia prima para la producción de biohidrógeno mediante FO, usando, simultáneamente, el residuo fermentado para producir lípidos de microalgas. Los resultados sugieren que la hidrólisis con 1% de H₂SO₄ es más adecuada para el pretratamiento de la biomasa de lenteja de agua. La producción máxima de hidrógeno fue de 169.30 mL g⁻¹. Después de la FO, en el residuo se detectaron ácidos grasos volátiles, incluyendo acetato y butirato, en concentraciones de 1.04 g L⁻¹ y 1.52 g L⁻¹, respectivamente (Mu y otros, 2020).

Asimismo, la adición de materiales a base de carbono al digestor puede promover el desempeño de ciertos procesos biológicos, incluyendo la digestión anaeróbica (Chen y otros, 2018; Pan y otros, 2019, Cimon, Kadota y Eskicioglu, 2019) y procesos de fermentación (Duan, y otros, 2019). Sunyoto et al. (2016) agregaron 8.3 g/L de biocarbón para aumentar el rendimiento de biohidrógeno en 25.8% de residuos de comida. Sharma y Melkania (2017) agregaron 12.5 g/L de biocarbón para incrementar la tasa de producción de biohidrógeno en 330% de residuos sólidos urbanos. Yang y Wang (2019) agregaron 600 mg/L de biocarbón de aserrín para aumentar la producción de biohidrógeno en 15.9%. Para cierto tipo de materiales a base de carbono existe un rango de concentración que puede promover el desempeño de los procesos de fermentación de manera factible (Lu y otros, 2020).

Se ha identificado que la biomasa lignocelulosa es una materia prima atractiva para la producción de hidrógeno mediante FO, debido a la abundancia y alto contenido de azúcar (40% de celulosa y 30% de hemicelulosa). Para reducir los costos asociados a la materia prima, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) ha desarrollado el degradante de celulosa *Clostridium Thermocellum*; éste convierte las materias primas directamente en hidrógeno, sin depender de enzimas intermediarias (NREL, 2020).

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un análisis del estado del arte del proceso de fermentación oscura para la producción de biohidrógeno. En este sentido, se identificaron los principales microorganismos participantes en la metabolización del H₂, así como las principales

acciones que pueden realizarse para mejorar el rendimiento en la producción de biohidrógeno.

Se concluye que el aprovechamiento de la biomasa residual, agrícola y/o urbana, a partir de su transformación en hidrógeno por fermentación oscura, presenta el potencial de generar beneficios para la sociedad, contribuyendo al desarrollo sostenible en la producción de energéticos, además de ofrecer una alternativa para la disposición de los residuos.

Se pretende que la información recopilada pueda ser utilizada como base para futuras investigaciones y desarrollo de tesis, principalmente para la formación de ingenieros en energías alternativas.

Referencias

- Azwar, M., Hussain, M., y Abdul, -W. A. (2014). Development of biohydrogen production by photobiological fermentation and electrochemical process: a review. *Renewable Sustainable Energy Review*, 31, 158-173 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.022>
- Baeyens, J., Huili, Z., Jiapi, N., Lise, A., Raf, D., Renaud, A., y Yimin, D. (2020). Reviewing the potential of biohydrogen production by fermentation. *Renewable and sustainable energy reviews*, 131, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110023>.
- Banu, J. R., Kavitha, S., Kannah, R. Y., Bhosale, R. R., y Kumar, G. (2020). Industrial waste water to biohydrogen: possibilities towards successful biorefinery route. *Bioresources Technology*, 298, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122378>.
- Bao, M., Su, H., y Tan, T. (2012). Biohydrogen Production by Dark Fermentation of Starch Using Mixed Bacterial Cultures of *Bacillus* sp and *Brevumdimonas* sp. *Energy and Fuels* 26(9) , 5872-5878. doi 10.1021/ef300666m.
- Bedoya, A., Castrillón, J., Ramírez, J., Vázquez, J. E., y Arias Zaba-la, M. (2008). Producción biológica de hidrógeno: una aproximación al estado del arte. *DYNA*. Año 75, (154), 137-157. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v75n154/a14v75n154.pdf>
- Cepal (2019). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Chen, S., Rotaru, A., E, Shrestha, P. M., Malvankar, N. S., Liu, F..., Lovley, D. R. (2018). Promoting interspecies electron transfer with biochar. *Science Rep.* 4, 5019. <https://doi.org/10.1038/srep05019>
- Christiansen, L. von, y Haselip, J. (2018). *UN Environment Emissions Gap Report 2018*.
- Cimon, C., Kadota, P., y Eskicioglu, C. (2019). Effect of biochar and wood as ash amendment on biochemical methane production of wastewater sludge from a temperature phase anaerobic digestion process. *Bioresource Technology* 297, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122440>.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., ... Lee, M. (2009). Managing the health effects of climate change: lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet*. 373(9676), 1693-1733. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60935-1.
- Dong-Hoon, K., y Kim, M.-S. (2011). Hydrogenases for biological hydrogen production. *Bioresource Technology*. 102(18), 8423-8431 doi 10.1016/j.biortech.2011.02.113.
- Duan, X., Chen, Y., Yan, Y. Y., Feng, L. Y., Chen, Y. G., y Zhou, Q. (2019). New method for algae comprehensive utilization: algae derived biocar enhances algae anaerobic fermentation for short-chain fatty acids production. *Bioresources Technology*. 289, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121637>.
- Eroglu, E., y Melis, A. (2011). Photobiological hydrogen production: recent advances and state of the art. *Bioresource Technology*. 102 (18), 8403-8413. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.03.026>
- Ghimire, A., Frunzo, L., Pirozzi, F., Trably, E., Escudie, R., Lens, P., y Esposito, G. (2015). A review on dark fermentative biohydrogen production from organic biomass: Process parameters and use of by-products. *Applied Energy*. 144, 73-95 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.045>
- Kotay, S. M., y Das, D. (2008). Biohydrogen as a renewable energy resource- prospects and potentials. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33(1), 258-263 <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.07.031>
- Koutsopoulos, T., Fotidis, L., Tsolakis, N., y M. G. (2009). Biohydrogen production from pig slurry in a CSTR reactor system with mixed cultures under hyper-thermophilic temperature(70 °C). *Biomass bioenergy*. 33(9), 1168-1174 <https://doi.org/10.1016/j.BIOMBIOE.2009.05.001>
- Lin, C. Y., y Chang, R. C. (2004). Fermentative hydrogen production at ambient temperature. *International Journal of Hydrogen Energy*, 29(7), 715-720. doi:10.1016/j.ijhydene.2003.09.002
- Lin, C. Y., y Chen, H. P. (2006). Sulfate effect on fermentative hydrogen production using anaerobic mixed microflora. *International journal of hydrogen energy*, 31(7), 953-960 <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2005.07.009>
- Lu, C., Zhang, H., Zhang, Q., Chu, C., Tahir, N., Ge, X., ... Zhang, T. (2019). An automated control system for pilot-scale biohydrogen production: design, operation and validation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(6), 3795-3806. doi:10.1016/j.ijhydene.2019.04.28.
- Mirza, S., Qazi, J. I., Liang, Y., y Chen, S. (2019). Growth characteristics and photofermentative biohydrogen production potential of purple non sulfur bacteria from sugar cane bagasse. *Fuel*. 255, 115805. doi: 10.1016/j.fuel.2019.115805.
- Mishra, S., Roy, M., & Mohanty, K. (2019). Microalgal bioenergy production under zero-waste biorefinery approach: recent advances and future perspectives. *Bioresources Technology*. 292, 122008. doi: 10.1016/j.biortech.2019.122008
- Moreira, D., y Pires, J. (2016). Atmospheric CO2 capture by algae: negative carbon dioxide emissions path. *Bioresource Technology*. 215, 371-379 doi: 10.1016/j.biortech.2016.03.060
- Mu, D., Liu, H., Lin, W., Shukla, P., y Luo, J. (2020). Simultaneous biohydrogen production from dark fermentation of duckweed and waste utilization for microalgal lipid production. *Bioresource Technology*. 302, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122879>.
- NREL (2021, mayo 23). *National Renewable Energy Laboratory*. <https://www.nrel.gov/bioenergy/biohydrogen.html>

Pandey, A. (2013). Biohydrogen. *Elsevier Science and Technology*, 259-278 <https://www.elsevier.com/books/biohydrogen/pandey/978-0-444-59555-3>.

Saady, N. (2013). Homoacetogenesis during hydrogen production by mixed cultures dark fermentation: unresolved challenge. *International Journal Hydrogen*. 38(30), 13172-91. doi:10.1016/j.ijhydene.2013.07.122.

Sharma, P., y Melkania, U. (2017). Biochar enhanced hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste using co-culture of enterobacter aerogenes and E. coli. *International Journal Hydrogen Energy*. 42(30), 18865-18874.

Show, K. Y., YAN, Y., Zong, C., Guo, N., Chang, J., y Lee, D. (2019). State of the art challenges of biohydrogen from microalgae. *Bioresource Technology*. 289, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121747>.

Silva, J., Mendes, J., Correia, J., Rocha, M., y Micoli, L. (2018). Cashew apple bagasse as new feedstock for the hydrogen production using dark fermentation process. *Journal of Biotechnology*. 286, 71-78. doi 10.1016/j.jbiotec.2018.09.004.

Sobrino, F., Rodríguez Monroy, C., y Hernández Pérez, J. L. (2011). Biofuels and fossil fuels: Life Cycle Analysis (LCA) optimisation through productive resources maximisation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(6), 2621-2628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.03.010>

Srivastava, N., Srivastava, M., Malhotra B, D., Gupta, V. K., Ramteke, P. W., Silva, R. N., ... Mishra, P. K. (2019). Nanoengineered cellulosic biohydrogen production via dark fermentation: A novel approach. *Biotechnology Advances* 37(6), 107384 doi:10.1016/j.biotechadv.2019.04.006.

Staffell, I., Scamman, D., Velazquez-Abad, A., Balcombe, B., Dodds, P. E., Ekins, P., ... Ward, K. (2019). The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. *Energy Environmental Science*. 2, 463-491. <https://doi.org/10.1039/C8EE01157E>

Suntomauro, F., Fan, J., Budarin, V., Parsons, S., Clark, J., Miller, T., y Chuck, C. J. (2018). Microbial oil production from the fermentation of microwave-depolymerised rape seed meal. *Bioresource Technology Reports* 4, 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.10.008>

Sunyoto, N. M., Zhu, M., Zhang, Z., y Zhang, D. (2016). Effect of biochar addition on hydrogen and methane production in two phase anaerobic digestion of aqueous carbohydrates food waste. *Bioresource Technology* (219), 29-36. doi: 10.1016/j.biortech.2016.07.089.

University of Oxford (2015). Global Challenges – *Twelve risks that threaten human civilisation*. Future of Humanity Institute/Oxford Martin School/Faculty of Philosophy;.

Valdez-Vásquez, I., y Poggi-Varaldo, H. (2009). Hydrogen production by fermentative consortia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(5), 1000-1013. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.003>.

Yang, G., y Wang, J. L. (2019). Synergistic enhancement of biohydrogen production from grass fermentation using biochar combined with zero-valent iron nanoparticles. *Fuel*. 251, 420-427, doi:10.1016/J.FUEL.2019.04.059.

Derechos de Autor (c) 2022 Héctor Alfredo López Aguilar y Elliot Humberto Luna Nevárez.



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO IOT

para la generación de información meteorológica que contribuya al análisis del fenómeno de isla de calor urbano

Iot prototype design and construction for meteorological data generation that contributes to the analysis of urban heat island phenomenon

Cesar Eduardo Sánchez Sánchez ¹, Eric Mario Silva Cruz ².

Resumen

El fenómeno de la isla de calor tiene un impacto negativo sobre el organismo humano, especialmente en verano, pudiendo llegar a exacerbar algunas enfermedades respiratorias. Además, acelera las reacciones químicas involucradas en la producción de ozono troposférico y de algunos otros contaminantes secundarios.

La presencia de contaminantes en la atmósfera urbana, sobre todo el material suspendido en forma de partículas, produce la absorción de la radiación infrarroja que emite el suelo al enfriarse, provocando la acumulación de calor a niveles de superficie y contribuyendo a la generación de islas de calor.

En la ciudad de Oaxaca existen dos estaciones de monitoreo atmosférico; de acuerdo con INECC (2019), si bien éstas generan información meteorológica, su calidad es insuficiente para desarrollar análisis estadísticos, además de carecer de representatividad de las diversas áreas de la ciudad. Por lo anterior y debido a que en la ciudad de Oaxaca no se realizan estudios del comportamiento térmico y esto afecta el malestar ocasionado en la población por la pérdida de confort térmico en actividades cotidianas como dormir, trabajar, consumir agua o practicar algún deporte, se plantea como propuesta el diseño y construcción de un prototipo destinado a la recopilación de información de parámetros meteorológicos a través del internet de las cosas, para permitir su medición y análisis e identificar su relación con el fenómeno de isla de calor urbano.

Abstract

The phenomenon of the heat island has a negative impact on the human organism, especially in summer, since it can exacerbate some respiratory diseases. In addition, it accelerates the chemical reactions involved in the production of tropospheric ozone and some other secondary pollutants. The presence of pollutants in the urban atmosphere, especially the particulate matter in suspension, produces the absorption of the infrared radiation that the soil emits when it cools, thus generating; the accumulation of heat at surface levels and thereby contributing to the generation of heat islands. Within the City of Oaxaca, two atmospheric monitoring stations are located, which according to (INECC, 2019), although they generate meteorological information, this does not have sufficient quality for the development of statistical analyzes, in addition to lacking representativeness of the various areas of the city.

Due to the above and because, in the city of Oaxaca, studies of thermal behavior are not carried out and this affects the discomfort due to the loss of thermal comfort of the population in daily activities such as sleeping, working, consuming more water or practicing some sport. The proposal is the design and construction of a prototype for the collection of information on meteorological parameters through the Internet of Things, which allow the measurement and analysis of said parameters and their relationship with the urban heat island phenomenon.

Palabras clave

Isla de calor urbano, Internet de las cosas, ThingSpeak, Protocolo MQTT.

Keywords

Urban Heat Island, Internet of Things, ThingSpeak, MQTT Protocol.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.153>

Como citar este artículo: Silva, E., Sánchez, E. (2022). Diseño y construcción de un prototipo iot para la generación de información meteorológica que contribuya al análisis del fenómeno de isla de calor urbano. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 30-41. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.153>

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

Eric Mario Silva Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-0496-9682>
César Eduardo Sánchez Sánchez
<https://orcid.org/0000-0001-8013-652X>

Recibido: 28/07/2021 | Aceptado: 06/12/2021 | Publicado: 1/06/2022

1. INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La expansión urbana experimentada por las ciudades se asocia a numerosos problemas ambientales; uno de ellos es la Isla de Calor Urbana (ICU). Ésta se define como la diferencia de temperatura entre el área urbana y sus alrededores (Pérez, 2014).

La ICU es el resultado de dos procesos diferentes, pero asociados. El primero y más importante es la modificación de la cobertura del suelo como consecuencia de la urbanización, que transforma las superficies empleando materiales impermeables, como el asfalto y el concreto. El segundo hace referencia a actividades que tienen lugar en la ciudad, principalmente el transporte y la industria, las cuales generan emisiones térmicas que contribuyen al calentamiento urbano (Solís et al., 2012).

Este tema tiene gran importancia en la actualidad, debido a la tendencia mundial a la urbanización y el crecimiento disperso de las ciudades; la isla de calor urbano tiene consecuencias directas sobre la calidad del aire, la salud pública, la gestión energética y la planeación urbana. Por ello, este fenómeno se ha convertido en uno de los principales desafíos relacionados con el proceso de urbanización, ya que el aumento de la temperatura vinculado a la isla de calor urbano tiende a generar los problemas mencionados.

A pesar del extenso conocimiento existente sobre la isla de calor urbano, en varias regiones del país ésta no ha sido estudiada; Oaxaca es uno de los estados que carece de estudios en este sentido.

Diversos trabajos (Pérez, 2014) dan cuenta de la relación directa entre las altas temperaturas urbanas y la falta de vegetación y el exceso de pavimentos y asfaltos; debido al incremento en la pavimentación de calles y carreteras, este fenómeno se está presentando en la ciudad de Oaxaca, reflejándose, sobre todo, en el aumento de la temperatura en la capital del estado. Los estudios demuestran que las actividades

comerciales y domésticas son fuentes importantes de generación de calor hacia el entorno; ello hace que deban ser cuantificadas en Oaxaca de Juárez, para posibilitar la atención de dicho fenómeno.

Como se mencionó, en Oaxaca de Juárez no se ha registrado información que permita identificar islas de calor urbano; sólo existen dos estaciones de monitoreo atmosférico y, de acuerdo con el INECC, si bien éstas generan información meteorológica, la calidad de la misma es insuficiente para desarrollar análisis estadísticos, además de carecer de representatividad de las diversas áreas de la ciudad. Esto impide contar con un monitoreo correcto del fenómeno de isla de calor urbano.

Algunos autores explican las islas de calor como un efecto invernadero local, pues los gases presentes en el ambiente se encierran en un solo lugar dando lugar a una cápsula que absorbe calor del Sol. Por lo anterior, y debido a que en la ciudad de Oaxaca no se realizan estudios del comportamiento térmico, esto influye en la población, generando malestar por la pérdida de confort térmico, y puede llegar a afectar actividades cotidianas, como dormir, trabajar, consumir agua o practicar algún deporte.

Para responder a este problema se plantea como propuesta el diseño y construcción de un prototipo destinado a la recopilación de información sobre parámetros meteorológicos a través del internet de las cosas (IoT), que permitan su medición y análisis y, posteriormente, la caracterización térmica de ciertas áreas de la ciudad de Oaxaca, así como contribuir con información a las base de datos y el mapeo de las islas de calor urbano.

El desarrollo de la presente investigación permitirá sentar las bases no sólo para la obtención de información y su análisis, sino también para utilizarla con la finalidad de proponer acciones de mitigación de los efectos producidos por el fenómeno mencionado.

JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

El fenómeno de la isla de calor tiene un impacto negativo sobre el organismo humano, especialmente en verano, ya que puede llegar a exacerbar algunas enfermedades respiratorias. Además, acelera las reacciones químicas involucradas en la producción de ozono troposférico y de algunos otros contaminantes secundarios. La presencia de contaminantes en la atmósfera urbana, sobre todo el material de partículas en suspensión, produce la absorción de la radiación infrarroja que emite el suelo al enfriarse, provocando la acumulación de calor a niveles de superficie y contribuyendo a la generación de islas de calor.

Es bien conocido que el efecto de isla de calor urbano aumenta con el crecimiento de la ciudad y es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana. Sin embargo, en la ciudad de Oaxaca, e incluso a nivel estatal, se desconocen las dimensiones de este fenómeno, así como sus efectos en las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

En el estado de Oaxaca, una elevada proporción de la población se concentra en localidades urbanas, ya que el 55.7% de los habitantes vive en alguna ciudad y se evidencia una tendencia a que la mayor parte de la población viva en espacios urbanos. Demográficamente, el conjunto de ciudades es muy desigual; fuera de los 14 centros urbanos considerados ciudades (localidades mayores a los 15,000 habitantes), predominan las pequeñas localidades (INEGI, 2010).

Con respecto a las emisiones de CO₂ por vivienda asociadas al crecimiento de la mancha urbana, la ciudad de Oaxaca encabeza los niveles más altos de emisión, con un promedio de 180,576 toneladas al año. El mayor crecimiento en la emisión de CO₂ por las viviendas ocurre en cuatro ciudades —Ocotlán, Pinotepa Nacional, Miahuatlán y Huatulco—, en las que se regis-

tran tasas superiores a la media estatal (1.39%). En cuanto a las emisiones de CO₂ por vehículos de motor, la ciudad de Oaxaca presenta los niveles más altos de emisión, con 146,434 toneladas al año.

Al analizar el estado de Oaxaca por municipio, se constata que Crucecita encabeza las emisiones por habitante, registrando anualmente un nivel muy alto, 309 toneladas; le sigue el municipio de Oaxaca, con un nivel también alto de 246 toneladas. Los 12 municipios restantes registran baja emisión, expidiendo menos de 51 toneladas.

El municipio de Huatulco evidencia una tasa de crecimiento muy alta de este tipo de emisiones, 83%, mientras que tres municipios —Tuxtepec, Puerto Escondido y Pinotepa Nacional— registran tasas bajas, de entre 20% y 30%.

Por esta razón se justifica el objetivo principal de la presente investigación: diseñar y construir un dispositivo que permita el registro y almacenamiento de información sobre parámetros meteorológicos en diversos puntos de la ciudad de Oaxaca de manera remota, para la determinación futura de islas de calor y su contribución a las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los elementos a considerar tienen la característica principal de ser de hardware y software libre. En lo que respecta al software se utilizan los programas de Visual Studio Code, Android studio, la plataforma de ThingSpeak y HiveMQ, este último con la finalidad de implementar el protocolo MQTT.

En cuanto al hardware se emplea la tarjeta ESP32 DEVKIT V1, que cuenta con un microprocesador Xtensa Dual-Core 32 bits, conectividad Wifi, Bluetooth 4.2 y Bluetooth low-energy, así como diferentes sensores y módulos de acondicionamiento de señales que se describirán a continuación.

Sensor BME280: “Es un sensor ambiental del fabricante Bosch Sensortech que combina termómetro, barómetro e higrómetro en un único dispositivo” (Llamas, 2020); éste permite registrar temperatura, humedad y presión atmosférica; “el rango que maneja éste de temperatura es de 40 a + 85 °C con una resolución del 0.01 °C, para la presión de 300-1100 hPa y para la humedad relativa de 0 a 100%” (Llamas, 2020). Para la obtención de los datos se utiliza el protocolo I2C.

Sensor HTU21D: es un sensor digital de humedad y temperatura de bajo costo y alta precisión; es ideal para la detección ambiental, el registro de datos y su uso en estaciones meteorológicas. Para la obtención de las lecturas de humedad y temperatura relativas utiliza el protocolo de comunicación I2C, un protocolo de comunicación serial, y se comunica mediante dos pines (SDA, SCL). Su principal ventaja es que su arquitectura permite confirmar si los datos fueron recibidos dentro de la misma trama a través del microcontrolador que se esté utilizando.

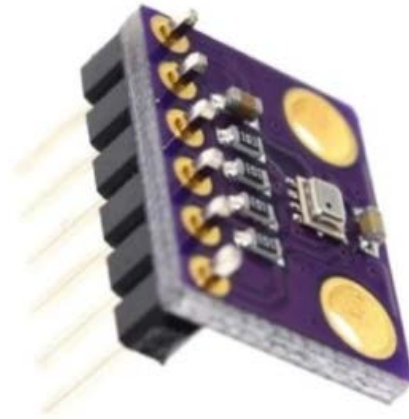


Figura 1. Sensor BME-280.

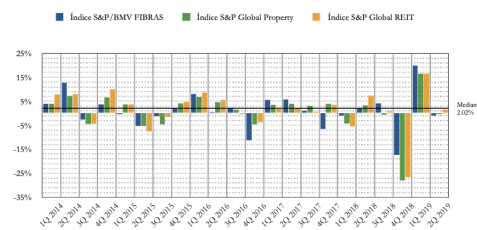


Figura 2. Sensor HTU21D.

Anemómetro: es un sensor de velocidad de viento compuesto por una carcasa de tres copas para viento y un módulo de circuito; está fabricado con aleación de aluminio. Posee alta resistencia a la intemperie, la corrosión y al agua, por lo que es adecuado para realizar mediciones en el exterior.

La interfaz de comunicación con un microcontrolador se lleva a cabo mediante una señal de corriente de salida (4 a 20 mA), por cual debe acondicionarse la señal para convertirla a una señal de voltaje analógica, que debe ir de 0-3.3 Volts, ya que dicha lectura es aceptada por la tarjeta ESP32.



Figura 3. Anemómetro.

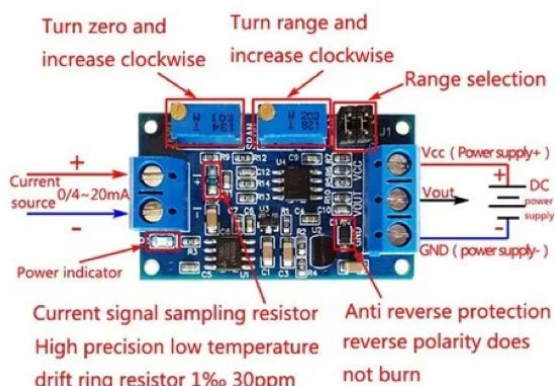


Figura 4. Convertidor de señal de corriente a voltaje.

El módulo mostrado en la figura 4 es un convertidor de señal de corriente a voltaje; el mismo convierte una señal de corriente de 4-20mA a 0-(10, 5 y 3.3 v); por ello se usará el rango de 0 a 3.3 volts. Para la elección de ese rango se utilizan los puentes jumpers que se encuentran en la placa; éstos deben ser retirados para obtener la señal de salida de voltaje. Posteriormente se realiza la programación del acondicionador de señal conectado a la tarjeta ESP32 y el anemómetro a dicho acondicionador de señal. Protocolo MQTT: la comunicación entre la aplicación móvil y el microcontrolador ESP32 se logra empleando el protocolo MQTT, “el cual consiste en un servicio de mensajería push con patrón publicador/suscriptor (pub-sub), se conecta con un servidor central denominado bróker” (Llamas, 2019).

Este protocolo se compone por publicadores y suscriptores; ambos están vinculados con el

bróker. El publicador debe enviar mensajes a través de un tópico y el suscriptor puede ver dicho mensaje suscribiéndose a ese tópico.

Plataforma ThingSpeak: es un servicio de plataforma de análisis de IoT que permite agregar, visualizar y analizar transmisiones de datos en vivo en la nube; puede enviar datos a ThingSpeak desde dispositivos, crear visualización instantánea de datos en vivo y enviar alertas.

Visual Studio Code: es una interfaz gráfica amigable, que permite descargar complementos en distintos lenguajes de programación y gestionar librerías para la realización de proyectos. En este caso se utilizó la plataforma PlatformIO, la cual está basada en el lenguaje de programación en C.

Android Studio: es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps de Android y está basado en IntelliJ IDEA.

3. RESULTADOS

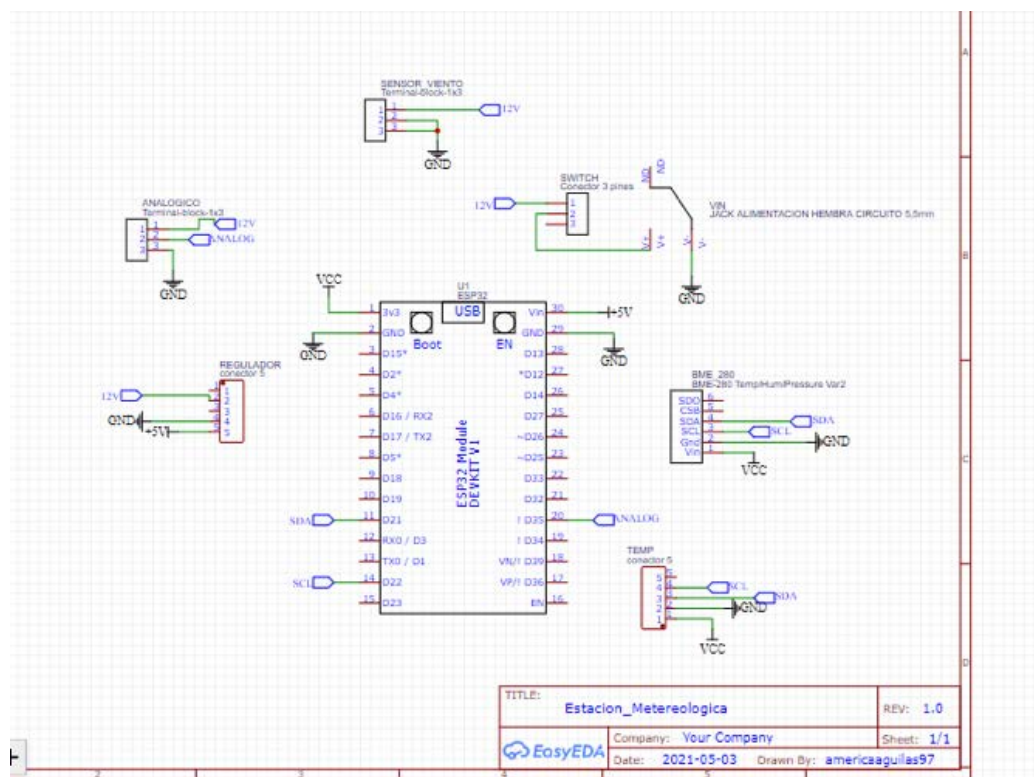
Una estación meteorológica es una instalación, en este caso dispositivo, destinado a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas, entre las cuales destacan:

Tabla 1.Descripción de instrumentos para medir variables meteorológicas.

Instrumentos para medir variables meteorológicas	Definición
Termómetro	Instrumento que mide la temperatura a diversas horas del día.
Termógrafo	Registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.
Barómetro	Mide la presión atmosférica en la superficie.
Pluviómetro	Mide la cantidad de agua caída en forma de lluvia, nieve o granizo por metro cuadrado de suelo.
Psicrómetro o higrómetro	Mide la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
Piranómetro	Mide la radiación solar global (directa + difusa).
Heliógrafo	Mide las horas de luz solar.
Anemómetro	Mide la velocidad del viento.
Veleta	Instrumento que indica la dirección del viento

Los parámetros meteorológicos que es necesario medir para detectar el fenómeno de isla de calor urbano son temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud y velocidad del viento. Para obtener las lecturas de los datos de los respectivos sensores se utilizó la tarjeta de adquisición de datos ESP32, además de la plataforma libre Visual Studio Code, la cual cuenta con un microprocesador Xtensa Dual-Core 32

bits, conectividad Wifi, Bluetooth 4.2 y Bluetooth low – energy. La tarjeta se programa en el software libre Visual Studio Code; dentro del mismo software se descargó una extensión llamada PlatformIO, basada en programación en C. A continuación, se muestra el diagrama de conexión (figura 5) de la tarjeta ESP32 con los respectivos sensores.



La comunicación entre la aplicación móvil y el microcontrolador ESP32 se logra a través del protocolo MQTT, “el cual consiste en un servicio de mensajería push con patrón publicador/suscriptor (pub-sub), se conecta con un servidor central denominado bróker” (Llamas, 2019). Este protocolo se compone por publicadores y suscriptores; ambos están vinculados con el bróker. El publicador puede enviar un mensaje a través de un tópico y el suscriptor puede verlo suscribiéndose a dicho tópico.

Para filtrar los mensajes enviados a cada cliente, éstos se disponen en “topics” organizados jerárquicamente. Ello permite que un cliente

publique un mensaje en un determinado topic y que otros clientes se suscriban a ese topic; el bróker hará llegar los mensajes suscritos, por lo cual la tarjeta ESP32 será un cliente que publicará datos de las lecturas de los respectivos sensores; una vez que la aplicación se suscriba al topic mencionado, obtendrá los datos, que se visualizarán en la aplicación.

El envío de datos desde la tarjeta ESP32 a la plataforma HiveMQ, que para este caso será nuestro Bróker se debe realizar en formato JSON (figura 6); éste es un objeto que tiene un nombre; dentro del mismo se agregan subramas correspondientes a cada uno de los datos que se desea enviar.

```

esp32c-default-rtddb
├── ESP-Udemy
├── Mediciones
│   ├── Velocidad del viento: 17
│   ├── bm
│   │   ├── Altitud atmosferica: 1513.433472
│   │   ├── Humedad atmosferica: 25.977539
│   │   └── Presion atmosferica: 844.194153
│   └── dt
│       ├── Humedad: 30.700001
│       ├── Temperatura: 29.799999
│       └── Temperatura atmosferica: 30.370001

```

Figura 6. Formato JSON.

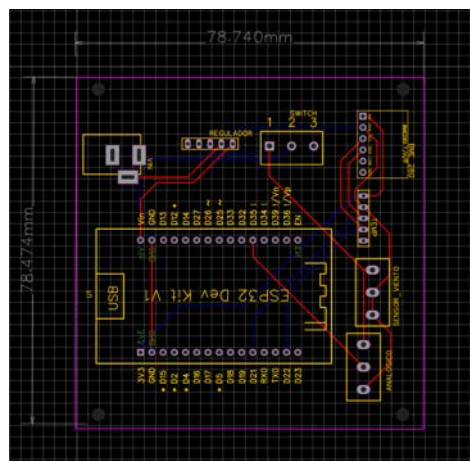


Figura 8. Diseño de PCB.

El desarrollo de la aplicación móvil se implementó en el programa Android Studio, en el cual se diseñó la interfaz gráfica y la parte de visualización de los datos en dicha interfaz.

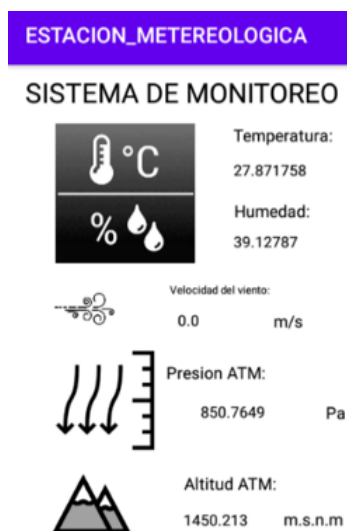


Figura 7. Interfaz de la Aplicación móvil.

Para la implementación del prototipo físico (figuras 9 y 10) se requiere una caja; ésta debe cumplir con ciertos requisitos: que no le entre el agua, pues será ubicada a la intemperie para que sea posible obtener mediciones correctas; asimismo, se necesita una base para fijar el anemómetro.



Figura 9. PCB físico.

Para el diseño de la tarjeta de circuito impreso, se utilizó el programa gratuito en línea EasyEDA; éste permite elaborar esquema de nuestro circuito y posteriormente diseñar las pistas del PCB, junto con las orientaciones de los componentes electrónicos. El último paso supone generar los códigos GERBER, para su envío a fabricación.

La conexión con la plataforma ThingSpeak permitirá realizar el análisis estadístico de las bases de datos obtenidas en esta la misma, a fin de obtener la caracterización térmica del área de muestreo. Estos datos pueden ser extraídos de la plataforma ThingSpeak en un archivo de Excel; para graficar los datos obtenidos, se lee el archivo Excel en formato xlsx en el programa Octave, en el que, columna por columna, viene registrada cada medición. Por último, se graficará cada variable meteorológica, con la finalidad de visualizar su comportamiento durante el periodo de tiempo de que se trate.



Figura 10. Implementación del prototipo.

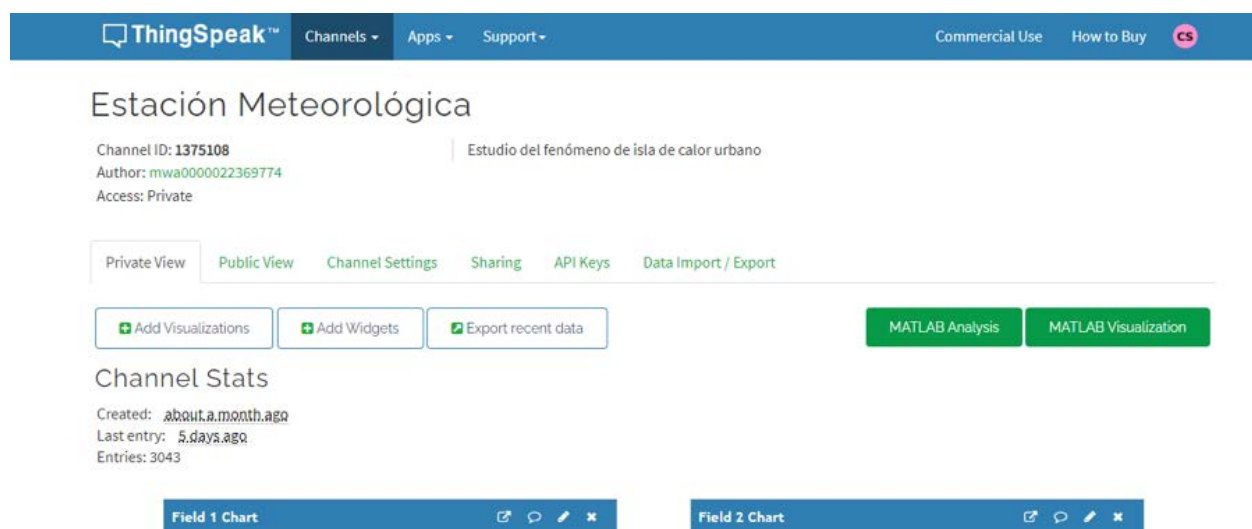


Figura 11 Plataforma ThingSpeak.

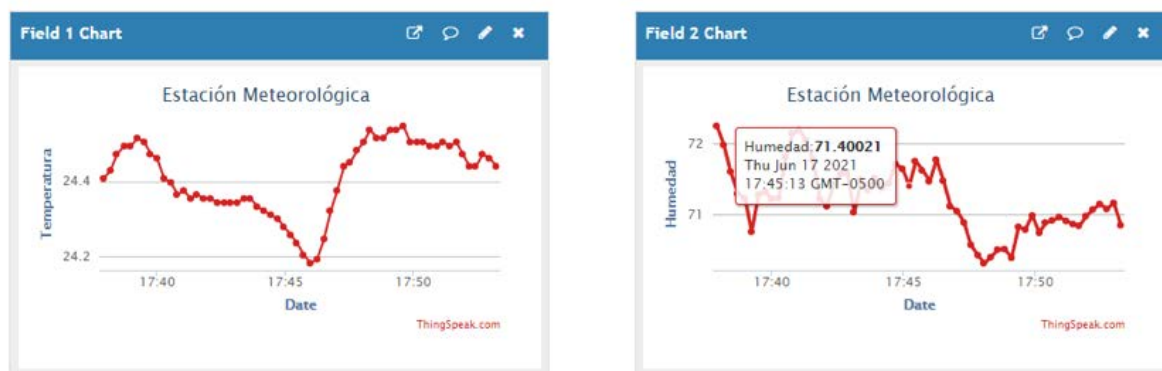


Figura 12. Registro de datos de humedad y temperatura.

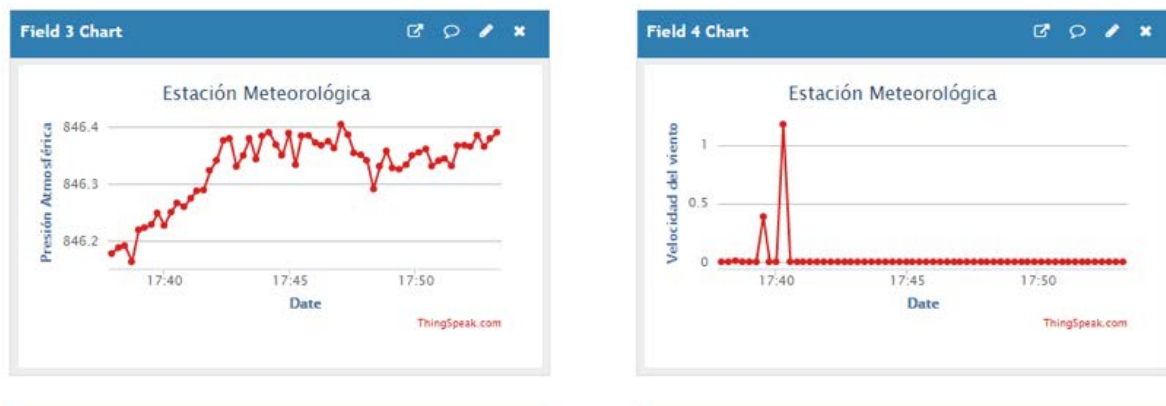


Figura 13. Registro de datos de presión atmosférica y velocidad del viento.

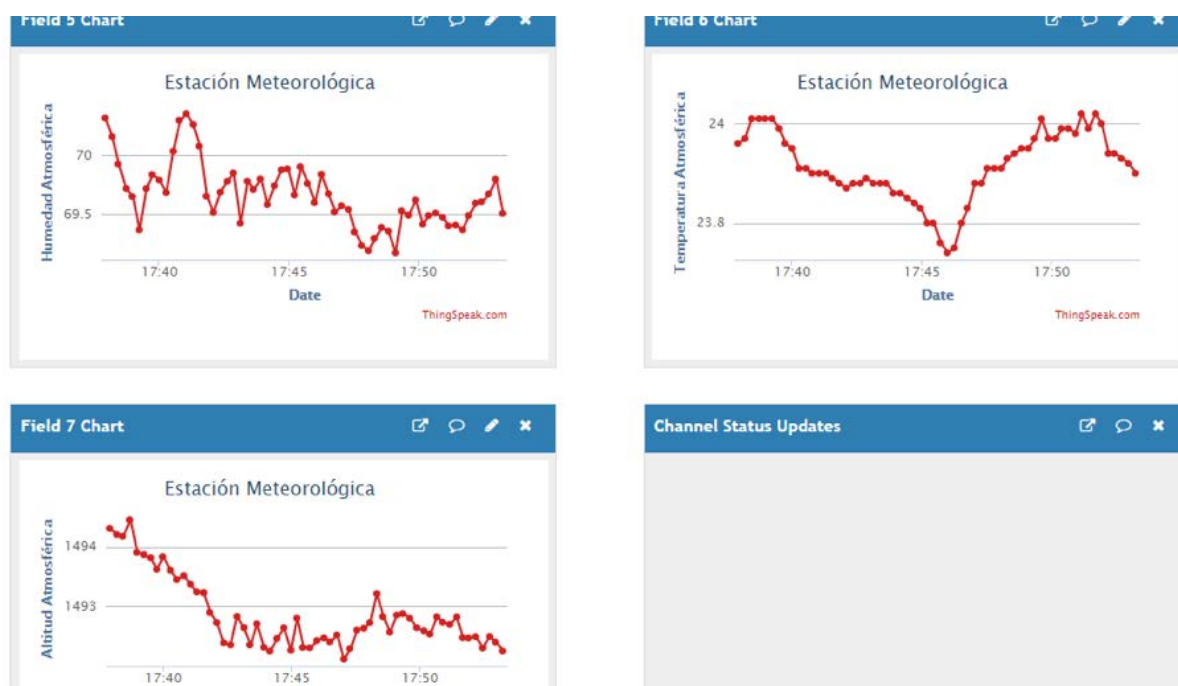


Figura 14. Registro de datos de humedad, altitud y temperatura atmosférica.

4. CONCLUSIONES

A lo largo de esta trabajo se desarrolló un dispositivo que permitirá realizar el registro y almacenamiento de datos correspondientes a parámetros meteorológicos que intervienen en la presentación del fenómeno de isla de calor urbano, esto es, temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud atmosférica y velocidad del viento. Ello se logra a través de adquisición de datos de sensores por medio de la tarjeta ESP32; ésta posee una conexión wifi que permite subir los datos recopilados por los sensores a una aplicación móvil mediante el protocolo MQTT, cuya conectividad posibilita el monitoreo de dichos datos. Aplicando la tecnología del internet de las cosas con la plataforma ThingSpeak, es posible realizar el análisis estadístico de los datos almacenados para exportarlos al programa Octave, lo que posibilita la observación y el análisis del comportamiento de cada variable meteorológica durante cierto periodo de tiempo.

Referencias

INECC (2019): Informe nacional de calidad del Aire 2018. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Semarnat.

Llamas, L. (2020, abril 15). *SENSOR AMBIENTAL CON ARDUINO Y BME280*. Ingeniería, informática y diseño. <https://www.luisllamas.es/sensor-ambiental-arduino-bme280/>

Llamas, L. (2019, abril 17). *¿Qué es MQTT? Su importancia como protocolo IoT*. <https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/>

Pérez, C. A. (2014). Islas de calor urbano en Tampico, México. Impacto en el microclima a la calidad del hábitat. *Nova Scientia*, 7(13). Universidad de La Salle Bajío, México.

Solís, J. V., et al. (2012). Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de mitigación en ciudades de clima árido extremo. *Información Tecnológica* 24(1), 15-24.

Derechos de Autor (c) 2022 Eric Mario Silva Cruz y César Eduardo Sánchez Sánchez



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA HIDRÁULICA Y SOLAR EN EL PLANTEL 33, LOXICHA.

Use of hydraulic and solar energy proposal in campus 33, Loxicha.

Sergio Velásquez Valencia ¹

Resumen

El Plantel 33 Loxicha se localiza en la comunidad de San Agustín Loxicha, Pochutla, Oaxaca, considerada como sierra costa, se trata de una zona de alta marginación. El proyecto presentado nació para dar respuesta a ciertas carencias experimentadas en el plantel, debido a que el único recurso natural de la comunidad es la madera; la lengua materna predominante en una población de 24,467 habitantes es el zapoteco (INEGI 2015). De acuerdo con el censo 2015 de INEGI, el nivel socioeconómico es bajo. El clima es templado, con lluvias en verano, la falta de energía eléctrica es muy constante, a causa de derrumbes provocados por las lluvias. El servicio de agua hacia los tinacos de los baños se realiza por medio de una bomba de agua, razón que lleva a buscar alternativas para el abastecimiento del recurso hídrico. Por un lado, se obtiene energía del sol a través de paneles solares, esto permite obtener un voltaje directo de 12 vcd, que se almacena en baterías y posteriormente es convertido en voltaje alterno de 127 vca con el uso de un inversor. Por el otro, se obtiene energía del agua de lluvia que baja por las canaletas de los techados de los salones. Una vez que ésta pasa por un generador hidráulico, se genera un voltaje directo de 12 vcd que es almacenado en baterías y con el uso de un inversor se convierte en voltaje alterno de 127 vca, en ambos casos esta propuesta serviría para iluminar salones o para el bombeo de agua.

Palabras clave

Energía, hidráulica, inversor, solar, voltaje alterno, voltaje directo.

Abstract

Plantel 33 Loxicha is located in the community of San Agustín Loxicha, Pochutla, Oaxaca, considered a coastal mountain range, it is an area of high marginalization. The project presented was born to respond to certain deficiencies experienced in the campus, due to the fact that the only natural resource of the community is wood; the mother tongue predominates in a population of 24,467 inhabitants is Zapotec (INEGI 2015). According to the 2015 INEGI census, the socioeconomic level is low. The climate is temperate, with rains in summer, the lack of electricity is very constant, due to landslides caused by the rains. The water service to the water tanks of the bathrooms is carried out by means of a water pump, a reason that leads to alternatives for the supply of water resources. On the one hand, energy is obtained from the sun through solar panels, this allows a direct voltage of 12 vdc to be obtained, which is stored in batteries and later converted into alternating voltage of 127 vac with the use of an inverter. On the other hand, energy is obtained from the rainwater that flows down the gutters of the roofs of the rooms. Once it passes through a hydraulic generator, a direct voltage of 12 vdc is generated that is stored in batteries and with the use of an inverter it is converted into alternating voltage of 127 vac, in both cases this proposal would serve to illuminate rooms or to the pumping of water.

Keywords

Alternating voltage, direct voltage, hydraulic, inverter, power, solar.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.154>

Como citar este artículo: Velásquez, S. (2022). Propuesta de aprovechamiento de energía hidráulica y solar en el plantel 33, Loxicha. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 42-49. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.154>

Recibido: 26/06/2021 | Aceptado: 22/11/2021 | Publicado: 1/06/2022

Sergio Velásquez Valencia
<https://orcid.org/0000-0001-7927-4247>

¹Colegio de Bachilleres del Estado de Oaxaca Plantel 33 Loxicha
Autor para correspondencia: baemza@hotmail.com

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

1. INTRODUCCIÓN

En zonas rurales donde vive la mayor parte de la población, algo típico en los países en vías de desarrollo y donde la densidad poblacional es muy baja el consumo de energía está reducido a pequeñas escalas. La provisión de energía desde los distantes centros de generación no resulta factible económicamente, como consecuencia de esta desfavorable situación y considerando el abastecimiento de energía eléctrica en áreas rurales, un gran porcentaje de la población no se beneficia de las ventajas que brinda. La fuente de energía básica del área rural sigue siendo la leña, cuyo consumo es importante, ésta es usada principalmente para cubrir los requerimientos de calor, tales como cocción y calefacción, sin embargo provoca impactos negativos en el medio ambiente. En lo que se refiere a iluminación, se utilizan velas, mecheros (kerosén), lámparas a gas, los cuales, además de ofrecer una intensidad luminosa deficiente, a la larga producen daños a la salud, afectando especialmente la vista y los pulmones.

El calor atempera el clima y evapora las aguas del mar, que, libres de su contenido salino, son devueltas al planeta en forma de lluvia tanto seres humanos como animales y plantas deben su existencia a este fenómeno así como varias de las civilizaciones antiguas, conscientes de esta dependencia, convirtieron al sol en una deidad digna de veneración.

Considerando lo anterior en este trabajo se plantea la propuesta de utilizar energía solar, captándola mediante paneles solares y la energía hidráulica, aprovechando la caída del agua del agua de lluvia que corre por las canaletas de los techos de los salones de las diferentes escuelas utilizando un generador hidráulico, permitiendo obtener beneficios, tanto económicos como ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se considero aprovechar la energía solar y la energía hidráulica, en el caso de esta última se tomaron en cuenta leyes sencillas, para llegar al propósito de transformar la energía.

Los principales materiales utilizados fueron: paneles solares, generador hidráulico, circuito electrónico llamado selector, baterías de 12 volts, controlador de carga, inversor.

El prototipo diseñado fue capaz de transformar la energía de dos diferentes formas, la primera capta la energía solar por medio de paneles solares que transformarán el calor en energía de corriente directa. La segunda es la energía hidráulica donde se obtiene el aprovechamiento de la energía cinética y potencial de la corriente del agua. Con el uso de esta propuesta se espera transformar la energía solar, la cual se percibe pocos días al año en comparación con la temporada de lluvias. Tomando en cuenta esto último, se incorpora la energía hidráulica, para aprovechar el agua de lluvia que cae sobre el techo de las aulas donde se recibe mediante canaletas, el agua colectada se orienta hacia una tubería de CPVC que llega hasta el suelo del salón, donde se ubica un generador hidráulico que genera 12 volts cuando la altura aproximada del agua colectada alcanza seis metros. El agua que sale por el otro lado del generador hidráulico se almacena en una cisterna, para, posteriormente, ser utilizada en los baños. Lógicamente, estas dos formas de transformar la energía sólo estarán funcionando una por vez, por medio de un circuito electrónico (llamado selector) que después llegará a un controlador de carga, el cual es un aparato que durante el día permite el paso de energía hacia la batería, desconectándose cuando la batería llega a su nivel óptimo; esto posibilita, además, cuidar la vida útil de dichas baterías. Cuando la energía pasa por el controlador de carga, la energía se almacena en una batería de 12 volts a 10 amperes, como voltaje de corriente directa. Para utilizar esta energía en la iluminación de algún aula de nuestra institución se ocupa un inversor, esto es, un aparato que convierte el voltaje de corriente directa en voltaje de corriente alterna, con la finalidad de utilizar la electricidad para iluminar aulas y para alimentar una bomba, a fin de subir el agua recolectada de la cisterna y dirigirla hacia los sanitarios.

RESULTADOS

En el prototipo propuesto se utilizan materiales a baja escala, tales como el generador hidráulico que se muestra en la figura 1 y los paneles solares mostrados en la Figura 2.



Figura 1. Generador hidráulico.



Figura 3. Batería 12 volts



Figura 2. Panel solar.



Figura 4. Controlador de carga

En las figuras 3 y 4 se muestra la batería usada y el controlador de carga.

En la figura 5 se observa el circuito selector y en la figura 6 el inversor utilizado.

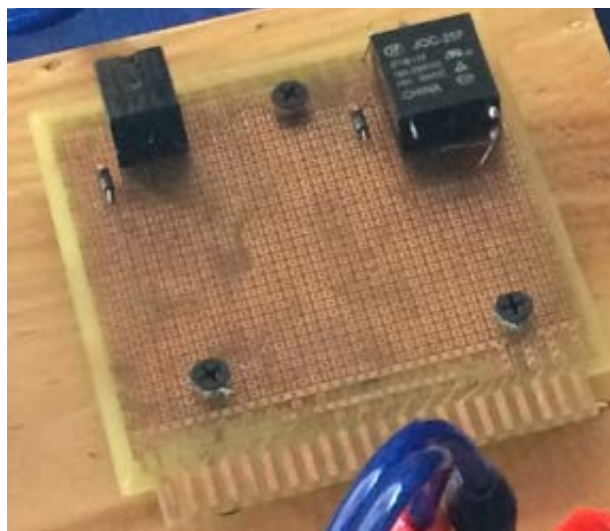


Figura 5. Circuito selector



Figura 6. Inversor

En la figura 7 se muestra el circuito completo, en el que se utiliza un foco para representar que el voltaje directo se convierte en voltaje alterno.



Figura 7. Prototipo completo

Para realizar la prueba con el agua proveniente de la lluvia se colocó un bote en un techo, desde ahí, el agua baja por la tubería para pasar por el generador hidráulico. Se tenía una altura (energía potencial) de aproximadamente tres metros (Figura 8). Con esta altura, al moverse el agua (energía cinética), el generador hidráulico sólo genera 6 volts, por lo que se decidió considerar una mayor altura para generar 12 volts.



Figura 8. Caída del agua hacia el generador hidráulico.

El diagrama completo se representa en la figura 9.

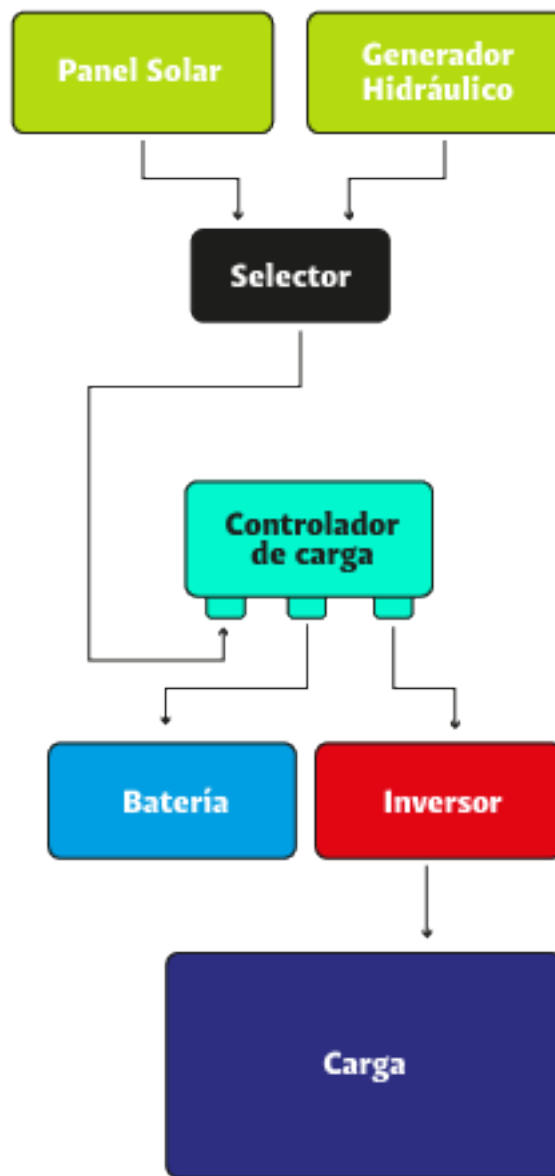


Figura 9. Diagrama completo de la propuesta de aprovechamiento de energía hidráulica y solar

CONCLUSIONES

A partir de lo expuesto anteriormente se puede considerar la propuesta para utilizar la energía renovable, si bien inicialmente el costo a gran escala puede ser elevado, aproximadamente unos MXN\$100,000.00 a mediano o largo plazo se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales. El único mantenimiento que se requiere es la revisión constante de las baterías y en su momento de los paneles solares y el generador hidráulico. En algunas partes, en vez de almacenar la energía en baterías, podría realizarse la interconexión con alguna empresa que provea la energía eléctrica, para el caso de esta propuesta se utilizaron baterías debido a la escasez de luz eléctrica. Es importante considerar que la implementación de propuestas como la planteada en esta investigación ayudará en la mitigación del cambio climático no sin antes reflexionar sobre el uso racional de energía en nuestros hogares y centros de trabajo.

Referencias

CONAPO (2010). Recuperado: www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio.

“Energía Potencial”. Autor: María Estela Raffino. De: Argentina. Para: *Concepto.de*. Disponible en: <https://concepto.de/energia-potencial/>. Última edición: 18 de junio de 2020. Consultado: 26 de junio de 2021.

“Energía cinética”. Autor: María Estela Raffino. De: Argentina. Para: *Concepto.de*. Disponible en: <https://concepto.de/energia-cinetica/>. Última edición: 13 de junio de 2020. Consultado: 26 de junio de 2021.

INEGI (2015). Marco Geoestadístico Municipal 2015, versión 1.3
CONAPO (2010). Recuperado: www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio

Derechos de Autor (c) 2022 Sergio Velásquez Valencia



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

NULA HABITABILIDAD EN LOS ESPACIOS INTERIORES DE LA VIVIENDA SOCIAL EN SANTA MARÍA ATZOMPA, OAXACA.

Null habitability in the interior spaces of social housing in Santa Maria Atzompa, Oaxaca.

José David Sánchez Balderas¹

Resumen

Desde su surgimiento en México, la vivienda social se ha caracterizado por contener únicamente las actividades básicas y esenciales que debe llevar a cabo una persona en su interior. El municipio de Santa María Atzompa, en el estado de Oaxaca, ha comenzado a obtener relevancia, debido al amplio mercado de vivienda social que se ofrece a un costo que supone un fácil acceso. Sin embargo, dichas viviendas cuentan con propuestas de espacios interiores reducidos, que no brindan una buena calidad de vida y confort a sus habitantes. Por eso, en esta investigación se plantea que una propuesta que implemente un proyecto en el que se adecuen los espacios interiores, conseguiría mejorar significativamente la habitabilidad, generando espacios en los cuales los habitantes de la vivienda social ya edificada puedan gozar de confort y privacidad al interior.

Abstract

Since it emerged in Mexico, social housing has been characterized by containing only the basic and essential activities that a person needs to carry out at the interior. The Santa María Atzompa town in the state of Oaxaca has begun to gain relevance in the city because it offers social housing's with an accessible cost, however these have proposals with reduced interior spaces that do not provide a good quality of life and habitability for its habitants; therefore, in this research it is proposed that with the proposal of implementing a correct project where the interior spaces are adapted, it would be possible to significantly improve the habitability and thus generate interior spaces where the habitants of the social housing already built can enjoy comfort and privacy inside the homes.

Palabras clave

Espacios, Habitabilidad, Vivienda social.

Keywords

Habitability, Social housing, Spaces.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.155>

Como citar este artículo: Sánchez, J. (2022). Nula habitabilidad en los espacios interiores de la vivienda social en Santa María Atzompa, Oaxaca. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 50-58. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.155>

Recibido: 11/07/2021 | Aceptado: 05/12/2021 | Publicado: 1/06/2022

José David Sánchez Balderas
<https://orcid.org/0000-0001-5105-2925>

¹Universidad La Salle Oaxaca, Escuela de ingenierías y arquitectura
Autor para correspondencia: 014409012@ulsaoaxaca.edu.mx

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

1. INTRODUCCIÓN

La vivienda social surge en Europa como consecuencia de la primera Revolución Industrial, que aconteció en la segunda mitad del siglo XVIII. La apertura de nuevos centros de trabajo y fábricas en los centros urbanos ocasionó una migración masiva de gente del campo hacia la ciudad, lo que puso en evidencia la necesidad de brindar a la población de los centros urbanos un espacio en el que poder habitar.

Con el fin de responder de forma rápida a lo que acontecía en las ciudades, se implementaron las primeras políticas de vivienda, con las que se buscaba mejorar las condiciones de habitabilidad de los habitantes. Así se comenzó a buscar una solución a la carencia de espacios habitables destinados a la clase trabajadora, lo que dio lugar al surgimiento de la vivienda social. Inicialmente, ésta se enfocaba en cumplir las condiciones de habitabilidad básicas, entre ellas, la comodidad, funcionalidad y operatividad. Sin embargo, el crecimiento urbano y poblacional fue tan acelerado que llegó un momento en que se necesitó reducir los espacios arquitectónicos interiores de las edificaciones, a fin de poder seguir brindando un hábitat que diera respuesta a la alta densidad poblacional. Esto trajo como consecuencia la reducción de la calidad de vida de la gente, así como problemas de salubridad derivados del hacinamiento de grupos de personas en espacios pequeños.

Sánchez (2012) informa que en México aconteció lo mismo que en Europa. Derivada de las oportunidades laborales en la ciudad, se dio la migración de personas del campo que pertenecían a la clase trabajadora, quienes comenzaron a vivir en las urbes sin tener un lugar donde establecerse. Ello dio pie al establecimiento de políticas y de artículos constitucionales orientados a regular el ámbito habitacional. A partir de esto surgieron empresas inmobiliarias, que iniciaron la construcción de conjuntos habitacionales, algunos de ellos de viviendas sociales, que, al principio, contaban con una buena habitabilidad. No obstante, la búsqueda de vivienda por la población seguía, lo que llevó a que los predios de emplazamiento comenzaran a

ubicarse en las periferias de la ciudad, ya que en ellas había grandes extensiones de tierra; no obstante, debido a la alta demanda, los espacios comenzaron a reducirse a medidas por debajo del mínimo, provocando la nula habitabilidad.

En un inicio, la vivienda social en México fue producida por el gobierno; posteriormente, la edificación de las residencias pasó a manos de diversas empresas inmobiliarias. En tanto éstas no tenían interés en el ámbito social, ello dio como resultado la generación de grandes conjuntos habitacionales en las periferias de las ciudades, en los que no se consideraron las necesidades de la población objetivo. En función de lo planteado, el dato informado por el Centro Mario Molina (2010) muestra cómo la vivienda social a nivel nacional pasó de tener un promedio de 56.6 metros cuadrados en 1990 a tener 48.8 metros cuadrados en 2010, lo que representa una disminución del 13.8%. Con base en esto, resulta claro cómo se dio la reducción del metraje cuadrado en los espacios interiores, observándose que no se brinda un adecuado nivel de confort que permita el desarrollo satisfactorio de los usuarios, en ambientes libres de estrés y tensión, con una privacidad apropiada, en condiciones que permitan desarrollar plenamente la calidad de vida junto a la habitabilidad.

Olascoaga (2016) comenta que, en la ciudad de Oaxaca, el arribo de nuevos pobladores a la capital comenzó a partir de 1950. Ello provocó que la demanda habitacional creciera exponencialmente, llegando un momento en que las vecindades del centro de la ciudad, donde solían habitar las personas, se volvieron insuficientes para satisfacer dicha demanda. Por ello, en el estado, los emprendimientos inmobiliarios comenzaron a desarrollarse en las periferias, con la premisa de construir más vivienda, pero dejando a un lado la antropometría humana o las medidas mínimas de los espacios y las circulaciones que posibilitan la mejor calidad de vida del usuario.

Así, la vivienda de interés social localizada en Santa María Atzompa posee espacios reduci-

dos, que dan lugar a la nula privacidad. Según una investigación de campo de autoría propia realizada en este municipio, la cantidad de metros cuadrados ofrecidos en las viviendas sociales construidas en 2010 era, en promedio, 90.60 metros cuadrados, lo que contrasta con el promedio de 64.70 metros cuadrados ofrecidos al 31 de diciembre de 2020. Esto da cuenta de la disminución de las dimensiones, a pesar de que las construcciones cuentan con programas arquitectónicos semejantes.

La demanda de la vivienda en Atzompa ha aumentado a raíz del crecimiento poblacional. De acuerdo con el Coneval (2010), “la población total del municipio de Santa María Atzompa es de 27,465 habitantes” (p. 1). La Dirección General de Población de Oaxaca (Digepo, 2015), por su parte, indica que “la población en Santa María Atzompa asciende a los 34,115 habitantes” (p. 6). Con base en esta información conseguimos saber que la población aumentó un 19.49% en cinco años, registrándose un crecimiento anual aproximado equivalente a un promedio de 1,330 personas nuevas al año.

Ahora bien, la vivienda social debe ser vista como un espacio habitable, en el que se lleva a cabo la convivencia, principalmente, familiar. Sin embargo, las condiciones de habitabilidad, aunadas a las dimensiones por debajo del mínimo presentes en estas viviendas y al hecho de que son habitadas por un promedio de cuatro a cinco personas, crean a su interior un ambiente de tensión entre sus integrantes. Con base en lo expuesto por Atienza (2004), esto puede convertirse en un detonante de problemas familiares. Al respecto, Atienza explica que las condiciones de vida en las que se encuentran los seres humanos que habitan espacios muy pequeños son aquellas que llegan a desencadenar consecuencias en ámbitos sociales, personales y de salud.

Con relación a la problemática expuesta, un artículo publicado por Molar y Aguirre (2013), con lugar de estudio en la ciudad de Saltillo, Coahuila, buscó determinar el nivel de habitabilidad mediante un muestreo intencional no

probabilístico en los espacios interiores de 40 viviendas sociales de dos distintos fraccionamientos. En dicho artículo explican que, con el tiempo, los espacios han ido evolucionando, con el fin de “adaptarse” a las nuevas necesidades, la reducción de los espacios deriva principalmente de las condiciones económicas. Además, los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de habitabilidad no llega al determinado por Landázuri y Mercado (2004), y concluyen que las viviendas sociales deben contar con una habitabilidad mínima de 75 por ciento.

Es conveniente acotar que en este tipo habitacional la sala y el comedor adoptan la función de vestíbulo, pues son el punto central a partir del cual se accede a los distintos espacios que ofrece el programa arquitectónico; asimismo el área destinada a cocina suele contar con las medidas justas para situar la tarja, la estufa y el refrigerador, sin dejar zonas que permitan una buena operatividad a los usuarios, sucediendo el mismo fenómeno en las habitaciones, ya que además de que sus dimensiones sólo permiten la inclusión de una pequeña cama con un clóset, éstas se ubican de extremo a extremo de la vivienda, careciendo de una conectividad directa entre ellas.

En una publicación en la revista Bitácora, Hernández y Velásquez (2014) se encargaron de analizar las dimensiones y el entorno físico-espacial de la vivienda social, para determinar la calidad de vida y satisfacción que gozan los usuarios; ello se sustentó en un muestreo probabilístico de 56 viviendas sociales de la Zona Metropolitana de Guadalajara, así como en levantamientos realizados en los espacios que habitaban los encuestados. Los resultados obtenidos revelan cómo los espacios al interior de las residencias carecen de buena amplitud, lo que provoca en las personas un alto nivel de incomodidad. Además, los propios entrevistados exponen que en sus espacios no existe una buena interacción entre zonas, mobiliario e individuo, provocando sentimientos de inconformidad al interior y falta de arraigo a la vivienda propia.

Es necesario resaltar que, sin importar su tipología o categoría, la vivienda debe ser vista como el lugar en el cual se generan espacios que coadyuvan al crecimiento íntimo, personal y comunitario de las personas (Rugiero, 2000). En ello radica la importancia de crear o mejorar las diferentes áreas de la vivienda social, de manera de cumplir con los dimensionamientos mínimos que otorguen comodidad a quienes habitan los interiores de las construcciones sociales, para generar un sentido de identidad, tranquilidad, agrado y privacidad que pueda ser gozado. Visto de esta forma, es necesario tener presente que los espacios interiores y exteriores siempre deben ser funcionales para poder ser operables (Landázuri y Mercado, 2004).

Con base en las ideas anteriores, se debe considerar el uso de elementos arquitectónicos o elementos naturales e incluso la adecuada distribución de mobiliario en los interiores, para contribuir a generar atmósferas que brinden la percepción de contar con las dimensiones físico-espaciales y psicosociales necesarias para disfrutar una correcta habitabilidad al interior del inmueble (Dávila, Serrano, Olvera, Evanan y Flores, 2017).

Una organización espacial apropiada, en la que vayan implícitos los fundamentos del diseño, debe tener el objetivo de buscar una correcta correlación tanto al interior como al exterior próximo en que se emplaza la residencia, con el fin de generar un estado de comodidad de la mano de un diseño integrador (Alderete, 2010). Siguiendo esta perspectiva, al momento de diseñar las áreas exteriores e interiores de una vivienda social deben aplicarse soluciones novedosas, con buena planificación; en este sentido, las diferentes áreas de los hogares cumplen cierta función, y para que la cumplan de manera adecuada requieren cierta operatividad, privacidad y dimensiones, esto sin dejar a un lado las sensaciones, experiencias y atmósferas que se desea brindar a los habitantes. De esta manera se logra generar un espacio adecuado.

Con base en lo recopilado, se busca proponer estrategias destinadas a mejorar la habitabilidad de los espacios al interior de la vivienda social

ya edificada en el municipio de Santa María Atzompá, con la ayuda de un análisis de la calidad de vida de los habitantes de este género habitacional. A partir de ello se pretende determinar estrategias destinadas a mejorar el confort al interior de los espacios y reducir las desigualdades existentes entre las distintas tipologías habitacionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los alcances establecidos en el objetivo, se indica que la propuesta de un adecuado proyecto de acondicionamiento de los espacios al interior de la vivienda social ya edificada en el municipio de Santa María Atzompá conseguirá reducir los problemas referentes a privacidad, comodidad, salud, etc., con el fin de mejorar la habitabilidad en las viviendas y la calidad de vida de la población.

A partir del interés en el tema vivienda, y específicamente en la categoría de vivienda social, se logró identificar que la habitabilidad al interior de las mismas es nula. La investigación se delimitó exclusivamente al municipio de Santa María Atzompá, ubicado al norte de la ciudad capital del estado de Oaxaca.

El estudio indaga la forma en que se puede enriquecer el espacio ya construido de la vivienda social en este municipio, para lograr una mejora en la habitabilidad de la población. Ello da lugar a la siguiente pregunta de investigación: ¿de qué forma se puede mejorar el espacio ya construido de la vivienda social en Santa María Atzompá para que llegue a ser cómodo y confortable? Esta pregunta logra delimitar el tema a fin de crear el objetivo general que es: “Proponer estrategias con las que se logre mejorar la habitabilidad en los espacios de la vivienda social que se encuentra edificada”. Dicho objetivo va de la mano de objetivos específicos con los cuales se pretende analizar la calidad de vida en esta tipología constructiva, así como comparar los metrajes cuadrados a través del tiempo. Ello permitirá analizar otros casos análogos de éxito y determinar una posible solución a la prob-

lemática. Lo antes mencionado dará la pauta sobre el proceso a llevar en la investigación, con el fin de obtener un resultado contundente, cuyas consecuencias sean favorables, siempre tomando en cuenta durante el proceso tres palabras clave: habitabilidad, vivienda social y espacios; además de delimitar el tema, éstas ayudan a identificar los diversos subtemas que deben desarrollarse para localizar los sustentos teóricos necesarios y específicos que permitan la comprensión absoluta, sin divagar en otros temas.

El enfoque de investigación planteado es mixto, pues incluye puntos de vista cuantitativos y cualitativos. En este sentido, se considera la información obtenida en pequeñas muestras de una población, para posteriormente cuantificar los datos y establecer una relación y comparación entre los mismos. Asimismo, se recurrió a un estudio de tipo cuasiexperimental, pues existe suficiente sustento teórico relacionado con este tema para explorar los antecedentes y teorías de distintos autores que han indicado cómo es el habitar espacios reducidos.

Contando con un análisis de los antecedentes y teorías con que se ha abordado la problemática, se logra formular una hipótesis a partir de la cual se busca comprobar que: a través del acondicionamiento de los espacios interiores se puede generar una posible solución que dé respuesta a la nula habitabilidad de los espacios de la vivienda social. Con base en esto se continúa realizando la investigación de teorías que tengan una relación directa o indirecta con la hipótesis formulada, a fin de efectuar una investigación de campo, indispensable para recopilar datos provenientes directamente del lugar de estudio por medio de cuestionarios y entrevistas, tomando como muestra a la población que habita en dicha tipología constructiva en el municipio. Es importante resaltar que los datos serán obtenidos utilizando un muestreo estratificado; éste supone dividir a la población en estratos y seleccionarla de forma aleatoria para reducir el error muestral.

Tras la obtención y el tratamiento de los resultados obtenidos, se realizará el estudio de

diversos casos análogos a nivel mundial y nacional relacionados con poder dar una respuesta y comprobar la hipótesis planteada para la presente investigación; una vez que éstos sean estudiados, se podrá analizar la factibilidad, el funcionamiento y las experiencias que conlleven, para aplicar las estrategias que utilizaron realizando las adaptaciones pertinentes y necesarias para la vivienda social del municipio de Santa María Atzompa.

Finalmente, los resultados obtenidos al realizar la propuesta que aplique las estrategias que busquen corroborar la hipótesis, ayudarán a generar un análisis concreto que permita concluir cómo se dio la mejora en la habitabilidad de los espacios interiores de la vivienda social y cómo esto influyó en sus habitantes.

3. RESULTADOS

La existencia de espacios interiores reducidos en la vivienda de interés social en Santa María Atzompa, cuyas dimensiones se encuentran por debajo de lo que se considera mínimo, han provocado que las personas que las habitan no gocen de una habitabilidad adecuada, que les brinde calidad de vida, confort y comodidad en los espacios de sus hogares.

El presente estudio se enfocó en investigar la manera de mejorar la habitabilidad en los espacios interiores de una vivienda social ya construida, con la intención de alcanzar lo establecido por Landázuri y Mercado (2004), quienes indican que la habitabilidad en una vivienda de interés social debe ser superior al 75%, ya que establecen que las construcciones sociales deben generar en sus habitantes un sentido de identidad, tranquilidad, agrado y privacidad, sin dejar a un lado la funcionalidad y operatividad de los espacios.

Asimismo, los beneficios provenientes de este estudio recaen directamente en los habitantes de esta tipología de vivienda en dicho municipio, pues se podrá dar solución a la problemática de nula habitabilidad y confort en los espacios interiores.

Con base en la idea anterior, la presente investigación puede verse como una oportunidad para evitar diversos problemas de salud, entre ellos, trastornos de ansiedad, fobias o incluso comportamientos neuróticos, que pueden derivar del habitar en espacios que carecen de una correcta funcionalidad. Asimismo se puede conseguir la privacidad que requieren los habitantes en cada uno de los espacios, lo que contribuiría a reducir la probabilidad de que surjan problemas familiares que progresen hacia actos de violencia (Dávila, Serrano, Olvera, Evanan y Flores, 2017).

Asimismo, es importante poner el énfasis en las ventajas de este estudio desde el punto de vista económico, pues la realización de un proyecto de acondicionamiento de los espacios interiores tiene un costo inferior que el implicado en realizar la ampliación de la vivienda. Específicamente, al momento de realizar una obra que busque ampliar la vivienda, se implican diversos costos: permisos de construcción, mano de obra, supervisiones, acarreo de materiales, etc.. Aunado a ello, el hecho que las viviendas sociales no suelen estar preparadas estructuralmente para sostener construcciones anexas a lo ya edificado en un primer o segundo nivel, supone que al realizar su ampliación se deba reforzar la estructura existente, lo que implica un gasto más para el usuario.

Por otra parte, desde el punto de vista ecológico, un proyecto de interiorismo destinado a adecuar los espacios de la vivienda social genera menor impacto ambiental que la construcción o la ampliación. En relación con esto, el Colegio Mexicano de Ingenieros Civiles (2018) señala que la industria de la construcción, sin importar la escala en la que se trabaje, provoca un deterioro del medio ambiente, pues daña el ecosistema de forma paulatina. Al realizar una construcción o una demolición se llevan a cabo actividades que, sin que nos demos cuenta a simple vista, generan un alto volumen de residuos y contaminación, pues la mayor parte de los materiales constructivos no pueden ser reciclados para completar un ciclo de vida, y en caso de que puedan reciclarse requieren un largo proceso de industrialización, que causa un impacto directo en la huella ecológica.

4. CONCLUSIONES

A raíz del crecimiento acelerado de la zona metropolitana de Oaxaca se ha incrementado la población en todos los municipios de la zona. En este trabajo nos centramos, específicamente, en el municipio de Santa María Atzompa.

Dado que la demanda de vivienda se ha centrado sobre todo en las viviendas de interés social, la construcción de nuevas edificaciones ha estado en manos de grupos inmobiliarios, siendo posible apreciar que, con el correr del tiempo, cada vez que se construye un nuevo conjunto habitacional se reducen los metros cuadrados ofrecidos en los espacios interiores. Ello hace evidente que no se brinda de una vivienda digna, con características adecuadas de habitabilidad, que permitan el desarrollo de la vida de sus ocupantes. Consecuentemente, esto ha dado lugar a impactos negativos, que a mediano plazo producen repercusiones en el comportamiento social, la salud física y la salud psicológica de quienes habitan esos espacios.

La forma en que se está diseñando, proyectando y construyendo esta tipología de vivienda ha resultado en que las mismas ofrezcan espacios reducidos; ello es consecuencia, principalmente, de la ambición de las empresas constructoras, que quieren construir más en los predios adquiridos; aunado al hecho de que las viviendas poseen espacios y áreas reducidas, la calidad constructiva es inferior a la requerida. Todo ello produce un bajo nivel de habitabilidad.

La presente propuesta de acondicionamiento de los espacios interiores ya construidos, además de permitir una reducción de las desigualdades existentes entre los diferentes tipos habitacionales, traerá consigo, de forma inmediata, beneficios para los habitantes de las viviendas de interés social localizadas en el municipio de Santa María Atzompa. Las personas se encontrarán en espacios creados y diseñados para generar atmósferas confortables, con la posibilidad de adaptarse al estilo de vida de cada quien, sin dejar a un lado la operatividad y la funcionalidad. Además, desde el momento de la idea conceptual, se considerarán las dimensiones psicosociales y físico-espaciales,

para proporcionar a los usuarios un estado de comodidad que les permita construir arraigo con su propio patrimonio, creando un vínculo entre ellos y el espacio que los rodea.

Vista de esta forma, la investigación busca generar interés en el estudio del aspecto interior de las viviendas de tipo social; en este sentido, gran parte de las investigaciones que se realizan sobre vivienda, suelen enfocarse en el desarrollo de prototipos que buscan una respuesta, dejando a un lado lo que ya está construido y experimenta esta problemática. Es por ello que es necesario estudiar el tema con más profundidad, incorporando distintos puntos de vista y análisis.

Este trabajo sentará las bases sobre la forma de solucionar la habitabilidad al interior de los espacios en el estado de Oaxaca, para fomentar la adecuación de los espacios interiores en las demás viviendas sociales ya construidas en el estado, e incluso poder llevarlo a cabo en aquellas que se encuentran en alguna etapa de construcción.

Referencias

- Alderete Herrera, J. C. (2010). Vivienda de interés social. RUA 1(1), 9-13. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/37771>
- Atienza, A. (2004) La vivienda en Cuba y su impacto social, económico y ambiental. Informe de Investigación. La Habana: Instituto de Investigaciones Económicas, 2004.
- Centro Mario Molina (2016, febrero). *Criterios de entorno para la vivienda social en México. Fase II-2016*. <https://centromariomolina.org/ciudades-sustentables/criterios-de-entorno-para-la-vivienda-social-en-mexico-fase-ii-2016/>
- Colegio Mexicano de Ingenieros Civiles (2018, diciembre 13). Impacto ambiental durante el proceso de construcción. <https://cmicac.com/2018/12/13/impacto-ambiental-durante-el-proceso-de-construccion/#:~:text=La%20industria%20de%20la%20construcci%C3%B3n,residuos%20por%20habitante%20cada%20a%C3%B1o.&text=La%20obtenci%C3%B3n%20de%20nuevas%20materias,van%20a%20parar%20al%20vertedero>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2012). Panorama social de América Latina. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/12471/S2012959_es.pdf
- Comisión Nacional de Vivienda (2010). Código de edificación de vivienda 2010. Gobierno federal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85460/Codigo_de_Edificacion_de_Vivienda.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2010). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/34734/Oaxaca_399.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012). *Informe de pobreza en México 2012*. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Informes/Pobreza/Informe%20de%20Pobreza%20en%20Mexico%202012/Informe%20de%20pobreza%20en%20M%C3%A9xico%202012_131025.pdf
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) (1917). Artículo 123 (5 de febrero de 1917).
- Dávila Núñez, M., Serrano Arellano, J., Olvera Alvarado, E. A., y Flores Hernández, E. N. (2017). Repercusiones psico-ambientales por condiciones de vivienda de interés social: El prototipo "Ambar". *Revista de Investigación y Desarrollo* 3(9), 40-52. http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Development/vol3num9/Revista_de_Investigacion%20y_Development_V3_N9_5.pdf
- Dirección General de Población de Oaxaca (2015). *Libro demográfico Santa María Atzompa* [Archivo PDF]. http://www.digepo.oaxaca.gob.mx/recursos/info_pdf/Santa%20Mar%C3%ADa%20Atzompa.pdf
- Gobierno Federal (2010). Código de edificación de vivienda. Conavi.
- González, D. (2010, agosto 10). Los espacios reducidos de las casas van en contra de la salud. *El Siglo de Torreón*. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/540696.los-espacios-reducidos-de-las-casas-van-en-contra-de-la-salud.html>
- Hernández Carrillo, G., y Velázquez Rodríguez, S. (2014, enero 16). Vivienda y calidad de Vida. Medición del hábitat social en el México Occidental. *Bitácora Urbano Territorial* 24(1), 149-166. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/31463>
- Iga Leal, J., y López Estrada, R. E. (2012). Política de vivienda social en México: el caso de una colonia periférica de Monterrey. *Cuadernos de vivienda y urbanismo* 5(10), 262-277. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/4133/3140>

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda Para los Trabajadores (1992). *Apuntes para la historia de la vivienda obrera en México*. Infonavit.

Instituto Nacional De Estadística y Geografía (2020). Viviendas. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/>

Jourda Hélène, F. (2012). *Pequeño manual del proyecto sostenible*. Gustavo Gili.

Landázuri Ortiz, A. M., y Joel Mercado, S. (2004). *Medio ambiente y comportamiento humano*. Resma.

Letchipía García, A. (2014, enero 5). El espacio arquitectónico, el espacio de acción del hombre. *Revista de la Facultad de Artes y Diseño Plantel Taxco* <http://revista925taxco.fad.unam.mx/index.php/2018/08/16/el-espacio-arquitectonico-el-espacio-de-accion-del-hombre/>

Milera Martínez, M. (2007). *Gran enciclopedia visual de México*. Tomo III. Ediciones EuroMexico.

Molar Orozco, M. E., y Aguirre Acosta, L. I. ¿Cómo es la habitabilidad en viviendas de interés social? Caso de estudio: fraccionamientos Lomas del Bosque y Privadas La Torre en Saltillo, Coahuila. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas* 2(4), 1-26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5055991>

Muñoz, V. A. (2012). El espacio arquitectónico [Archivo PDF]. https://www.victoria-andrea-munoz-serra.com/ARQUITECTURA/EL_ESPACIO_ARQUITECTONICO.pdf

Olascoaga Quezada, O. (2016). Vivienda social en México: Propuesta de un sistema constructivo sustentable aplicable a la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/84138>

Peralta García, B. (2010). Vivienda social en México (1940-1999): actores públicos, económicos y sociales. *Cuadernos de vivienda y urbanismo* 3(5), 34-49. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5527>

Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-Hábitat (2019, abril). Elementos de una vivienda adecuada. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada#:~:text=La%20vivienda%20adecuada%20est%C3%A1%20reconocida,cuatro%20pares%20y%20un%20techo>

Ribeiro Ferreira, M. (2009). *Familia y política social*. Lumen.

Rugiero Pérez, A. M. (2000). Aspectos teóricos de la vivienda en relación con el habitar. *Revista invi* 1(40), 67-97. <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/263>

Sánchez Corral, J. (2012). La vivienda “social” en México: pasado, presente, futuro? http://www.jsa.com.mx/documentos/publicaciones_jsa/libro%20vivienda%20social.pdf

Secretaría de Desarrollo Social (2016). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social*. Subsecretaría de planeación, evaluación y desarrollo regional.

Derechos de Autor (c) 2022 José David Sánchez Balderas



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)

LOS EFECTOS DE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

The effects of the COVID-19 pandemic on international trade

Zaira Isidro Sosa ¹

Resumen

La COVID-19 es uno de los más grandes sucesos del último siglo, debido a los efectos que ha provocado y a la forma en que ha evidenciado la vulnerabilidad del mundo entero ante diversas situaciones; el comercio internacional ha sido gravemente golpeado debido a las restricciones impuestas para el control de la enfermedad.

En este artículo se analizarán los efectos y el comportamiento la balanza comercial antes y durante este periodo en tres escenarios distintos: México, América Latina y el mundo, mediante el análisis de datos estadísticos del volumen de exportaciones, importaciones y comercio internacional, para conocer el nivel de las repercusiones provocadas por la pandemia y entender el comportamiento de las naciones frente a esta situación, analizar sus fortalezas, debilidades, grado de resiliencia y recuperación en un cuadro comparativo de doble entrada que permita visualizar las diferencias y similitudes de los tres escenarios analizados.

Los resultados obtenidos arrojan que, de acuerdo con la OMC, durante el segundo trimestre de 2020 se registró una disminución del 15.5% en el volumen de comercio mundial; por su parte, América Latina registró una caída de 9% en sus exportaciones durante 2020; finalmente, el INEGI, reportó que México registró los mayores efectos en el mes de mayo de 2021, con un déficit de 3,902 millones de dólares en su balanza comercial, resultado de disminuciones de hasta el 50% en las exportaciones del sector manufacturero.

A partir del último trimestre del 2020 y el primero del 2021, en la mayoría de las naciones del mundo comenzó a visualizarse una recuperación, aunque la velocidad de la misma depende de las situaciones internas y las relaciones de los países, por lo que es necesario contar con políticas que respalden las exportaciones y disminuyan la vulnerabilidad del comercio exterior.

Palabras clave

Balanza comercial, comercio exterior, crisis, déficit, exportaciones.

Abstract

COVID-19 is one of the greatest events of the last century due to the effects it has generated and the way it has shown the vulnerability of the entire world to various situations; international trade has been severely hit due to restrictions imposed to control the disease.

During this article, the effects and behavior of the trade balance before and during this period will be analyzed, based on three different scenarios: Mexico, Latin America and the world, through the analysis of statistical data on the volume of exports, imports and international trade for know the level of the repercussions caused and understand the behavior of nations in the face of this situation, analyze their strengths, weaknesses, degree of resilience and recovery, through a double-entry comparative table that allows visualizing the differences and similarities of the three scenarios analyzed.

The results obtained show that according to the WTO, during the second quarter of 2020 there was a 15.5% decrease in the volume of world trade, while Latin America registered a 9% drop in exports during 2020; Finally, INEGI reported that the greatest effects caused in Mexico correspond to the month of May 2021, where a deficit in the trade balance of 3.902 million dollars was registered as a result of decreases of up to 50% in exports from the manufacturing sector.

As of the last period of 2020 and the first of 2021, a recovery began to be seen in most of the nations of the world, although the speed of this recovery depends on the internal situations and the relations of the countries opposite, so it is necessary have policies that allow supporting exports and reducing the vulnerability of foreign trade.

Keywords

Balance of trade, crisis, déficit, exports, external trade.

DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.156>

Como citar este artículo: Isidro, Z. (2022). Los efectos de la pandemia por COVID-19 en el comercio internacional. Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 1(1), 59-69. DOI: <https://doi.org/10.56643/rcia.v1i1.156>

Recibido: 14/11/2021 | Aceptado: 31/01/2021 | Publicado: 1/06/2022

Zaira Isidro Sosa

<https://orcid.org/0000-0002-0789-3804>

¹Universidad Lasalle Oaxaca, Facultad de ingenierías y arquitecturas
Autor para correspondencia: zairaisidro_09@hotmail.com

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.
La investigación fue financiada con recursos de los autores.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, como consecuencia de la pandemia de COVID-19, el mundo entero atraviesa una crisis, que no se ha restringido sólo al aspecto sanitario, sino que ha repercutido en otros ámbitos, como el económico, social y educativo. La economía internacional ha sido uno de los sectores más afectados, debido al cierre de fronteras, la paralización de la industria, la disminución de las exportaciones y demás obstáculos para el comercio internacional (CEPAL, 2020). Indudablemente, esta pandemia ha demostrado la fragilidad del comercio exterior y de las economías mundiales en una sociedad altamente globalizada e integrada (Desilus, 2020).

El comercio internacional es la actividad en la cual se involucra un intercambio de bienes y servicios entre diferentes países del mundo. Se trata de un aspecto de gran importancia para el desarrollo y el crecimiento económico de un país, ya que esta actividad económica impulsa el crecimiento de las fuerzas productivas y permite que se produzca una expansión del mercado (Lucena, 2006).

La crisis de la COVID-19 llegó a atacar a una economía ya inestable y susceptible, como consecuencia de eventos ocurridos previamente, entre ellos, crisis económicas, sanitarias, problemas sociales e incluso desastres naturales (Jumbo Ordóñez et al., 2020). Al respecto destacan: la crisis financiera mundial de 2008 y el tsunami Índico de 2004; en el periodo 2011-2019, la economía mundial se encontraba creciendo a una tasa del 2.8%, lo que mostraba una disminución respecto a periodos anteriores; por otro lado, el comercio internacional también se encontraba en cifras negativas antes de la actual crisis, mostrando un decrecimiento del 0.4% en 2019 como consecuencia de las barreras comerciales impuestas por muchos países (CEPAL, 2020).

Las tensiones comerciales preexistentes entre Estados Unidos y China eran las principales causantes de la desaceleración del comercio mundial. En diciembre de 2019, cuando se da a conocer la existencia de un nuevo virus pro-

veniente de China y es declarada oficialmente la emergencia de salud pública, se acentúa la problemática (Zelicovich y Romero, 2020), debido a las afectaciones en las cadenas de aprovisionamiento, las medidas de aislamiento, los choques entre la oferta y demanda y la contracción de la producción.

Es importante mencionar que las crisis sanitarias siempre han causado desequilibrio económico y comercial. La COVID-19 forma parte de las siete pandemias que han aquejado al mundo en los últimos 100 años (gripe española, asiática y de Hong Kong, H1N1, MERS, ébola). Las consecuencias económicas desencadenadas por estos eventos siempre han involucrado problemas de movilidad, incertidumbre, contagios y desequilibrio en la oferta y la demanda de bienes y servicios (Bonomelli, 2020). Sin embargo, considerando cifras anteriores, la COVID-19 ha ocasionado un desastre de mayor magnitud que el provocado por sus antecesores, cuyos efectos habían sido moderados y afectaron solamente a ciertos países, lo que limitó los contagios; la situación actual ha superado con creces las crisis vividas a raíz de la gripe española e incluso la gran recesión de 2008, y esto puede tener como causa la globalización y la constante movilidad con la que actualmente se cuenta.

Las medidas adoptadas por los distintos países para evitar la propagación de la Covid-19 —confinamientos, cierre de fronteras y paros en la actividad industrial— ocasionaron que, en mayo de 2020, el comercio internacional tuviera una caída estrepitosa del 17.7% (CEPAL, 2020). Aunque todos los países del mundo vieron afectadas sus exportaciones, algunos lograron sobreponerse a esta crisis a través de sus estrategias para contener los brotes, logrando una apertura comercial más rápida, como ocurrió en el caso de China. Desafortunadamente, para América Latina y el Caribe los efectos de la pandemia han sido mayores, debido a su vulnerable posición frente a otras economías globales.

En el caso de México, el panorama parece aún más desalentador, ya que el vínculo económico con Estados Unidos, la reducción en la deman-

da de exportaciones, la disminución de precios de las materias primas y el petróleo han ocasionado una drástica reducción del intercambio comercial con sus principales socios comerciales, disminuyendo las exportaciones hacia Estados Unidos en 47.8% para abril de 2020, mientras las exportaciones de petróleo se desplomaron en un 76% (Cota, 2020).

Entre enero y mayo de 2020 las exportaciones de México disminuyeron en 20.1%, siendo el sector agropecuario y las actividades extractivas los únicos que mostraron un ligero crecimiento que no superó el 5%. Por otro lado, uno de los sectores más afectados fue el automotriz, que redujo en 90% su tasa de exportaciones. De igual modo, la industria electrónica, de plásticos y materiales también mostraron significativas reducciones del 52, 51 y 42%, respectivamente (INEGI, 2020).

Entre los países de Centroamérica y América Latina, sólo cuatro lograron sobreponerse a los efectos de la Covid-19 en materia de exportaciones; éstos son Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua, que se vieron beneficiados por la pandemia por ser exportadores de equipo de protección personal y productos médicos (CEIE, 2019).

La COVID-19 ha afectado el comercio internacional a través de cinco canales, a saber: disminución de la actividad económica, caída en la demanda de servicios, interrupción de cadenas globales de valor, caída de precios de productos básicos y aversión al riesgo y desestabilidad financiera.

Analizar los efectos comerciales derivados de la contingencia puede ayudar a determinar las medidas y el esfuerzo que es necesario emplear para la recuperación. Además, permitirá dimensionar el impacto que ha tenido la pandemia en cada región de acuerdo con su vulnerabilidad preexistente, identificando que simboliza la mayor causa de crisis económica y social en varias décadas (CEPAL, 2020).

Es innegable que el conflicto que actualmente atraviesa la totalidad del mundo ha orillado, y lo seguirá haciendo, a modificar procesos y conductas ya establecidos para el comercio inter-

nacional, colocando aún más barreras y fijando nuevos requisitos y normativas a cumplir para la exportación e importación; esto podría suponer un retroceso en la globalización ya lograda y llevará a un control más meticuloso de las acciones y productos de las empresas, por lo que el análisis de los efectos, cambios y modificaciones que se den como resultado de esta pandemia cobra gran relevancia social y constituye, además, un tema de interés académico.

El objetivo de este artículo es documentar las repercusiones ocasionadas por la pandemia de la COVID-19 en el comercio internacional y el flujo de exportaciones, a través de la revisión documental, con la finalidad de evaluar el impacto y conocer los cambios y modificaciones que esta situación ha provocado en los países.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El artículo desarrollará un análisis no experimental basado en una investigación documental hemerobibliográfica alimentada por investigaciones previas, sitios oficiales, noticias y reportes, con el objetivo de adquirir, optimizar, procesar y sistematizar la información, de manera de generar un nuevo instrumento de consulta. El tipo de investigación a realizar será de corte descriptivo; esta metodología permitirá analizar el fenómeno tratado, sus implicaciones y sus características más importantes.

La presente investigación realizará, principalmente, el análisis de datos estadísticos relativos al volumen de exportaciones, importaciones y comercio internacional en México, América Latina y el resto del mundo durante el periodo en que la pandemia de la Covid-19 se ha hecho presente, con la finalidad de realizar una comparación entre los comportamientos presentados que permita dar cuenta del impacto ocasionado por este fenómeno a través de líneas para visualizar el comportamiento y tendencia ocurrido.

Otro de los aspectos importantes a documentar y analizar son las restricciones, los nuevos requisitos o cambios en la normativa legal implementados a partir de la crisis sanitaria, debido

a que estos aspectos restrictivos al comercio internacional pueden ser un factor importante para el cambio en el volumen de exportaciones e importaciones.

Finalmente, para el análisis global de la información y para contrastar los tres escenarios analizados (México, América Latina, Mundo), se plantea realizar una matriz o cuadro de doble entrada, que nos permita organizar la información recabada y sistematizar a través de columnas y filas los rubros más destacados, tales como: situación previa a la pandemia, situación actual, restricciones establecidas, fortalezas, estrategias y

principales debilidades o áreas de oportunidad. Una de las principales bondades que ha llevado a la elección de la herramienta mencionada es el cruce de información y comparativas que este sistema puede ayudar a generar, lo que conducirá a producir una mayor comprensión y análisis.

3. RESULTADOS

En la gráfica 1 se puede observar el comportamiento de la variación porcentual del volumen de exportaciones, de acuerdo con los datos proporcionados por la Organización Mundial del comercio (2021). Dicho volumen comenzó una etapa de descenso a partir del primer trimestre de 2018, situación que se fue agravando hasta tocar su punto más bajo en el segundo trimestre de 2020, coincidiendo en temporalidad con la crisis sanitaria de la COVID-19. Sin embargo es importante destacar que después de casi dos años comienza a observarse una ligera recuperación de dicho volumen.



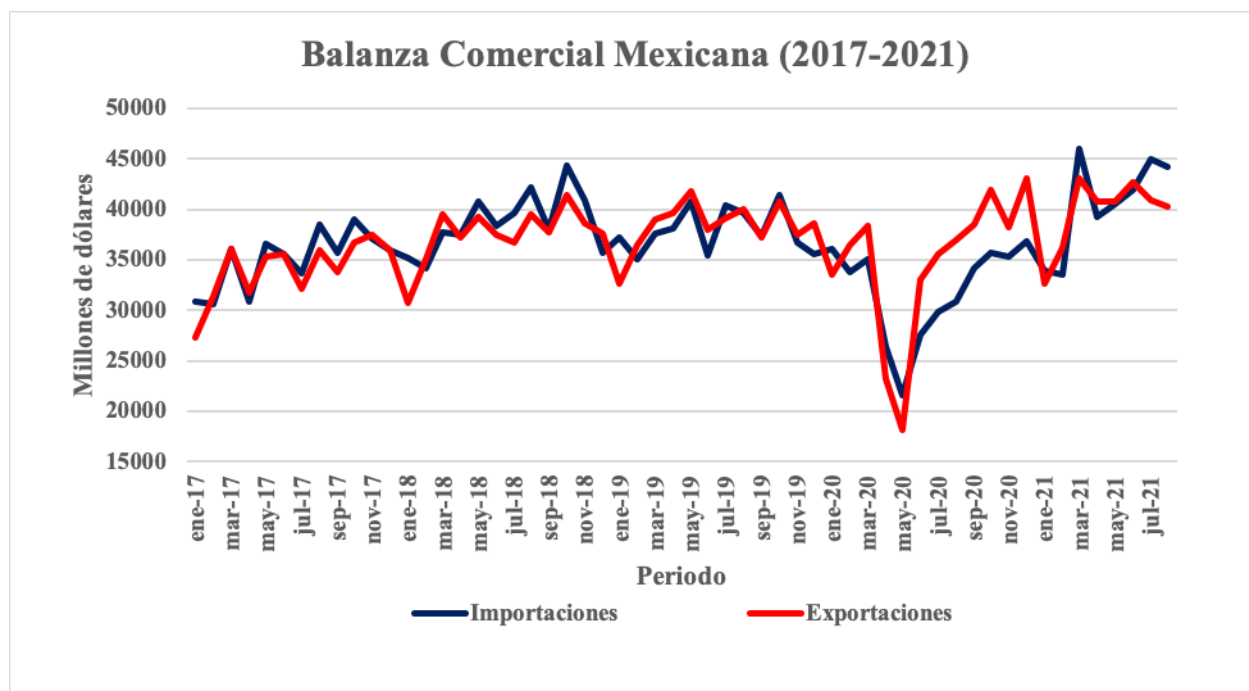
Gráfica 1. Variación porcentual de volumen de comercio mundial.
FUENTE: Examen estadístico del comercio mundial, 2021.

El gráfico 2 muestra la variación porcentual de las exportaciones realizadas por América Latina y el Caribe durante el periodo de 2014 a la fecha, efectuada partiendo de datos proporcionados por el Banco Interamericano de Desarrollo (2021). Puede observarse claramente que los periodos de decrecimiento más grande coinciden con la época de mayor tensión ocasionada por la pandemia. Durante 2020 se registró la máxima caída en el nivel de exportaciones, situación que parece mostrar una recuperación en el acumulado de 2021, observándose una mejora del 8.9% que indica un notable cambio en la tendencia y conduce a lo que parece ser un crecimiento en dicho nivel.



Gráfica 2. Variación porcentual de las Exportaciones en América Latina y el Caribe.
 FUENTE: Estimaciones de las tendencias comerciales de América Latina y El Caribe (2021).

De acuerdo con los datos recuperados del INEGI (2021), la pandemia de la COVID-19 tuvo un fuerte impacto en la balanza comercial de México. Como se muestra en la gráfica 3, las importaciones y exportaciones del país sufrieron una caída estrepitosa asociada a los periodos más fuertes de la pandemia; aunado a ello, dicha caída se vio acentuada por el tipo de relaciones comerciales con las demás naciones, el lento tránsito y el aumento de las restricciones impuestas. Tal como se observa en la gráfica, el periodo en que se registró la mayor caída corresponde a mayo de 2021; actualmente, aunque parece comenzar a visualizarse un cambio de tendencia y una mejora en los niveles de exportaciones e importaciones, aún existe un déficit de 3,902 millones de dólares.



Gráfica 3. Balanza Comercial Mexicana (2017-2021).
FUENTE: Balanza comercial de México. INEGI (2021).

En el siguiente cuadro se muestra el análisis realizado a partir de la información recabada en las diversas fuentes de consulta. Éste permite visualizar una comparativa entre estos tres escenarios y evaluar cuál ha sido su comportamiento durante este periodo.

TABLA 1. SITUACIÓN COMERCIAL DE MÉXICO, AMÉRICA LATINA Y EL MUNDO FRENTE A LA PANDEMIA

	México	América Latina	Nivel Mundial
Situación previa	México había mantenido sus niveles de exportaciones, logrando aumentarlos con su principal socio comercial (Estados Unidos) (Quevedo, 2019).	Hasta 2017 existía un incremento del volumen de exportaciones realizadas, mostrando incluso un ligero superávit en su balanza comercial de 2, 137 millones de dólares; las mayores tasas de crecimiento en estos periodos fueron registradas gracias a las exportaciones agrícolas.	El volumen de exportaciones a nivel mundial comenzó una etapa de descenso en 2018, atribuida a las tensiones económicas entre China y Estados Unidos, el aumento de aranceles, la salida del Reino Unido de la Unión Europea y los cambios en las políticas monetarias de las principales economías.

Situación durante la pandemia de COVID-19.	Durante los meses más críticos de la pandemia se registraron caídas de hasta el 50% en el volumen de exportaciones, que mostró su principal afectación en el sector manufacturero, debido al confinamiento (IDB, 2020)	La recesión global ocasionada por la COVID-19 tuvo su mayor impacto en esta región durante los meses de abril y mayo de 2020, registrando una caída del 9% en los volúmenes de exportación de la región (IDB, 2020).	En el segundo trimestre de 2020 se registró una caída máxima en el volumen de comercio mundial de mercancías, que ascendió a 15.20%.
Situación actual	De acuerdo con los datos recabados parece visualizarse un cambio en la tendencia de la balanza comercial, que muestra una recuperación en el nivel de importaciones y exportaciones en lo que va del año 2021.	El valor de las exportaciones registró un crecimiento del 8.9%, lo que representa un cambio de tendencia hacia el crecimiento en los próximos meses.	El comercio de mercancías aumentó un 11.4% en el tercer trimestre de 2020 en comparación con el trimestre anterior y otro 4.4% en el último trimestre, lo que da cuenta de un aumento en el volumen.
Restricciones establecidas (desafíos)	• Confinamientos y cierres de la producción. • Cierre de fronteras de principales importadores.	• Órdenes de confinamiento. • Heterogeneidad de los efectos económicos.	• Medidas de confinamiento restrictivas. • Caída generalizada de las economías. • Cierres de fronteras. • Controles sanitarios.
Fortalezas	• Cercanía con Estados Unidos para la reubicación de plantas. • Mejora en precios de exportación	• Mejora en los precios de exportación. • Industria agroalimentaria	• Abordaje sanitario de la pandemia. • Reapertura de mercados. • Integración regional.

Debilidades	• Cadenas globales de suministro. • Importación de materia prima. • Tensiones comerciales entre los principales socios comerciales. • Dependencia de China. • Caída de la demanda. • Baja integración comercial. • Escasa integración con el resto de América Latina.	• Ruptura de la cadena de suministro. • Relaciones con otros países. • Nuevas restricciones. • Impacto en los precios, caída en productos básicos.	• Efectos humanos, sociales y económicos de la pandemia. • Cierres de plantas productivas. • Disrupciones en la cadena de suministros. • Crisis en el sector aéreo.
Estrategias de recuperación	• Fortalecimiento de bloques regionales. • Desacoplamiento de China. • Nearchoring con Estados Unidos. • Cooperación regional en acuerdos comerciales. • Interoperabilidad de ventanillas únicas de comercio exterior. • Fortalecer el comercio intrarregional.	• Estimulación de exportaciones en productos agropecuarios. • Intercambios comerciales dentro de la subregión. • Comercio intrarregional del 29.8% en Centroamérica (CEPAL, 2020)	• Exportaciones de economías avanzadas. • Importaciones de economías emergentes. • Recuperación económica de China y Asia. • Estimulación de exportaciones de productos eléctricos y suministros médicos por parte de Asia. • Demanda de productos agropecuarios.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos analizados, es evidente que antes del comienzo de la pandemia de la COVID-19 el mundo entero enfrentaba ya una complicada situación en lo referente al comercio exterior, debido a la inestabilidad y las fricciones entre dos de las más grandes potencias del mundo (Estados Unidos y China). A través de su lucha comercial, estas naciones colocaban grandes barreras al intercambio de bienes, a lo que se sumaban cambios en la política monetaria y una reintegración de la Unión Europea. Sin embargo, pese a estos obstáculos, México y América Latina se esforzaban por mantener e incrementar sus niveles de exportaciones apoyados en algunos sectores fortalecidos, como el agropecuario y la industria extractiva.

Resulta interesante analizar cómo esta crisis sanitaria ocasionó el decaimiento generalizado de la balanza comercial de todos los países del mundo, sin importar cual fuese su posición previa a la pandemia, reduciendo hasta un 15.20% el intercambio comercial a nivel mundial. No obstante, también es importante resaltar que la resiliencia, las medidas oportunas, los apoyos al comercio exterior y la adaptación desempeñaron un papel esencial para la reapertura y la recuperación de las importaciones y exportaciones de los países.

Muestra de ello es la situación contrastante de México y China; México enfrentó una caída en sus exportaciones de hasta un 50% como producto de las restricciones aplicadas al nivel manufacturero y de las condiciones impuestas por sus más grandes socios comerciales (Estados Unidos y China), manteniéndose durante varios periodos a la baja y vislumbrando una ligera recuperación hacia los primeros meses de 2021; en cambio, China, a pesar de ser el epicentro de la pandemia, logró una recuperación milagrosa pocos meses después de haber comenzado esta crisis.

Finalmente, es importante resaltar cómo crisis ocurridas, similares a la de la COVID-19, dan cuenta de la importancia de contar con mecanismos que protejan e incentiven el comercio exterior para contar con una mayor capacidad de respuesta ante sucesos inesperados, y reducir la fragilidad que ha quedado evidenciada por la crisis presentada. Además de ello, es necesario analizar la dependencia de ciertos países con otros; en el caso de México, esta dependencia coloca su balanza comercial en un lugar aún más vulnerable a las disrupciones ocurridas en su cadena de suministro como consecuencia de este fenómeno.

Referencias

- Bonomelli, G. (2020). La pandemia del Coronavirus y su impacto sobre el comercio internacional: una mirada sobre el mundo y Argentina.
- CEIE (Centro de Estudios para la Integración Económica) (2019). *Informe Económico Regional 2018-2019*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
- CEPAL (2017). *Boletín estadístico de comercio exterior de bienes en América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/boletin-estadistico-de-comercio-exterior-de-bienes-en-america-latina-y-el-caribe> [consultado: 5 de octubre de 2021].
- CEPAL, (2020). América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19: efectos económicos y sociales. *Informe especial* (1). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45337/6/S2000264_es.pdf
- CEPAL (2020). Dimensionar los efectos del COVID-19 para pensar en la reactivación. Informe especial (2). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45445/4/S2000286_es.pdf
- CEPAL (2020). Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45877/1/S2000497_es.pdf
- CEPAL (2021). *Perspectivas del comercio internacional de América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46613/1/S2000805_es.pdf
- Cota, J. E. M. (2020). COVID-19 y el empleo en México: impacto inicial y pronósticos de corto plazo. *Contaduría y administración*, 65(4), 8.
- Desilus, B. (2020). How the COVID-19 will redefine the Global Supply Chains. *Revista Latinoamericana de Investigación Social*, 3(1), 5-8.
- Díaz, D. (2021). Retos y oportunidades del comercio exterior de México. IMCO. <https://imco.org.mx/retos-y-oportunidades-del-comercio-exterior-de-mexico/> [consultado: 5 de octubre de 2021].
- IDB (2020). Estimaciones de las tendencias comerciales América Latina y el Caribe. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0002061>
- IDB (2021). Estimaciones de las tendencias comerciales América Latina y el Caribe. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0002930>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2020, junio 26). Información oportuna sobre la balanza comercial de mercancías de México durante mayo de 2020, [Comunicado de Prensa], N° 286/20, [en línea] https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/balcom_o/balcom_o2020_06.pdf.
- INEGI (2021). Balanza comercial. <https://www.inegi.org.mx/temas/balanza/> [consultado: 5 de octubre de 2021].
- Jumbo Ordóñez, D. P., Campuzano Vásquez, J. A., Vega Jaramillo, F. Y., y Luna Romero, Á. E. (2020, diciembre 2). Economic crisis and covid-19 in Ecuador: impact on exports. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 103-110. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000600103&lng=es&tlng=en [consultado: 31 de agosto de 2021].
- Lucena Castellano, R. (2006). Comercio internacional y crecimiento económico. Una propuesta para la discusión. *Aldea Mundo*, 11(20), 49-55. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54302006> [consultado: 17 de noviembre de 2021].
- Morales, R. (2021, febrero 26). Comercio mundial cayó 5.3% en 2020, su peor resultado en 11 años. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Comercio-mundial-cayo-5.3-en-2020-su-peor-resultado-en-11-anos-20210226-0007.html> [consultado: 5 de octubre de 2021].
- OMC (2020). Examen Estadístico del comercio mundial 2020. https://www.wto.org/spanish/res_s/statistics/wts2020_s/wts20_toc_s.htm
- OMC (2021). World Trade Statistical Review 2021. https://www.wto.org/english/res_e/statistics/wts2021_e/wts2021_e.pdf
- Zelicovich, J., y Romero, C. (2020). El impacto del COVID-19 en las relaciones comerciales internacionales. En A. Busso (Coord.), *Relaciones internacionales en tiempos de pandemia* (pp.41-49). CIPEI.
- Zuñiga, J. (2019, noviembre 1). Exportaciones en América Latina. *Revista Panorámica*. <https://www.panoramical.eu/columnas/51232/> [consultado: 5 de octubre de 2021].

Derechos de Autor (c) 2022 Zaira Isidro Sosa



Este texto está protegido por una licencia *Creative Commons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)