

PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA ISLA DE COZUMEL.

Juan F. Bárcenas Graniel^{1,2,*}, Jessica G. Tobal Cupul^{1,2},
H. Fernando Gómez García^{1,2} y Estela Cerezo Acevedo^{1,2}.

1. Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad del Caribe, SM. 78, Manzana 1, Lote 1, Esq. Fraccionamiento Tabachines, Cancún 77528, México.
2. LÍNEA ESTRATÉGICA GRADIENTE TÉRMICO DEL CEMIE O.
Correo de correspondencia: * jbarcenas@ucaribe.edu.mx

INTRODUCCIÓN. Las energías marinas están empezando a tener un espacio dentro del clúster energético de los países con potencial energético en una o varias de las fuentes; rango de mareas, oleaje, gradiente térmico conocido por sus siglas OTEC, gradiente salino, corrientes de marea, y una de las más nuevas corrientes oceánicas. Cada una tiene sus pro y contras desde el punto de vista de los retos que debe enfrentar hasta conectarse a la red eléctrica (Ocean Energy Systems, 2021). Cozumel por su ubicación geográfica (Figura 1) tiene posibilidades técnicas de aprovechamiento del potencial energético en corrientes oceánicas, gradiente térmico, solar FV, eólica incluso oleaje pero aun faltan estudios (Figura 1 c). Este potencial energético puede contribuir a ser parte de la solución de los problemas energéticos que existen en la isla. En el año de 2019, la demanda máxima en la Isla de Cozumel fue de 50.4 MW, además hubo tres fallas en los cables submarinos de 34.5 kV que alimentan de electricidad a la isla de Cozumel (Figura 1 c). Debido a estas fallas se redujo la capacidad de enlace de 48 MW a 30.8 MW (Tabla a), lo que ocasionó que al sobrepasar esta nueva capacidad de enlace se sincronizaran las plantas turbotogás de Chankanaab y se despacharon 7,238 horas de generación turbotogás para evitar sobrecargar los cables submarinos. Para el año 2020 la demanda máxima fue de 42 MW, una disminución del 16% respecto al año anterior debido a la contingencia COVID-19, sin embargo la Entidad se encuentra en uno de los sitios a nivel nacional con mayor crecimiento económico, debido al turismo, lo cual año con año la demanda energética crece (Figura 2). El cable submarino entró en operación en el año 1999 y su vida útil es de 25 años, se prevé que el nuevo cable submarino de 115 kV y capacidad para 140 KVA empiece a instalarse en abril del 2023 y entre en operación en el año 2024. Lo evidente y más económico es tender el nuevo cable submarino a un costo programado al año 2018-2020 de \$1,759,530,000.00 M.N. (Secretaría de Energía & Centro Nacional de Control de Energía, 2017). Este trabajo propone una alternativa con un esquema básico de instalación de plantas de energías renovables para la isla de Cozumel, que dimensione los MW mínimos instalados necesarios para seguir operando con el cable de 34.5 kV o incluso enviar electricidad a Playa del Carmen.

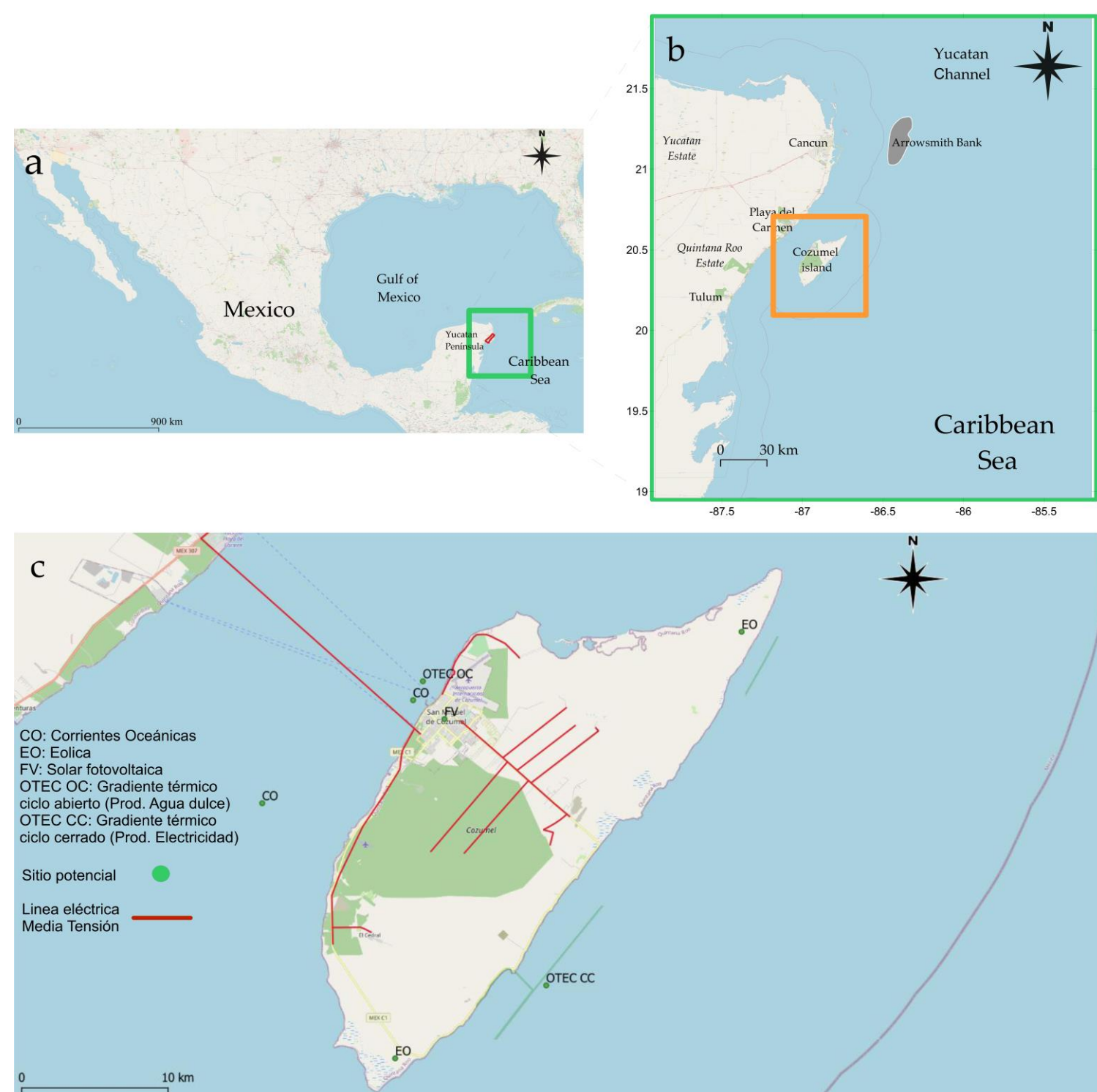


Figura 1. a) Localización de la isla de Cozumel. c) Líneas eléctricas de abastecimiento de isla de Cozumel. Figura tomada y modificada de (Bárcenas Graniel et al., 2021).

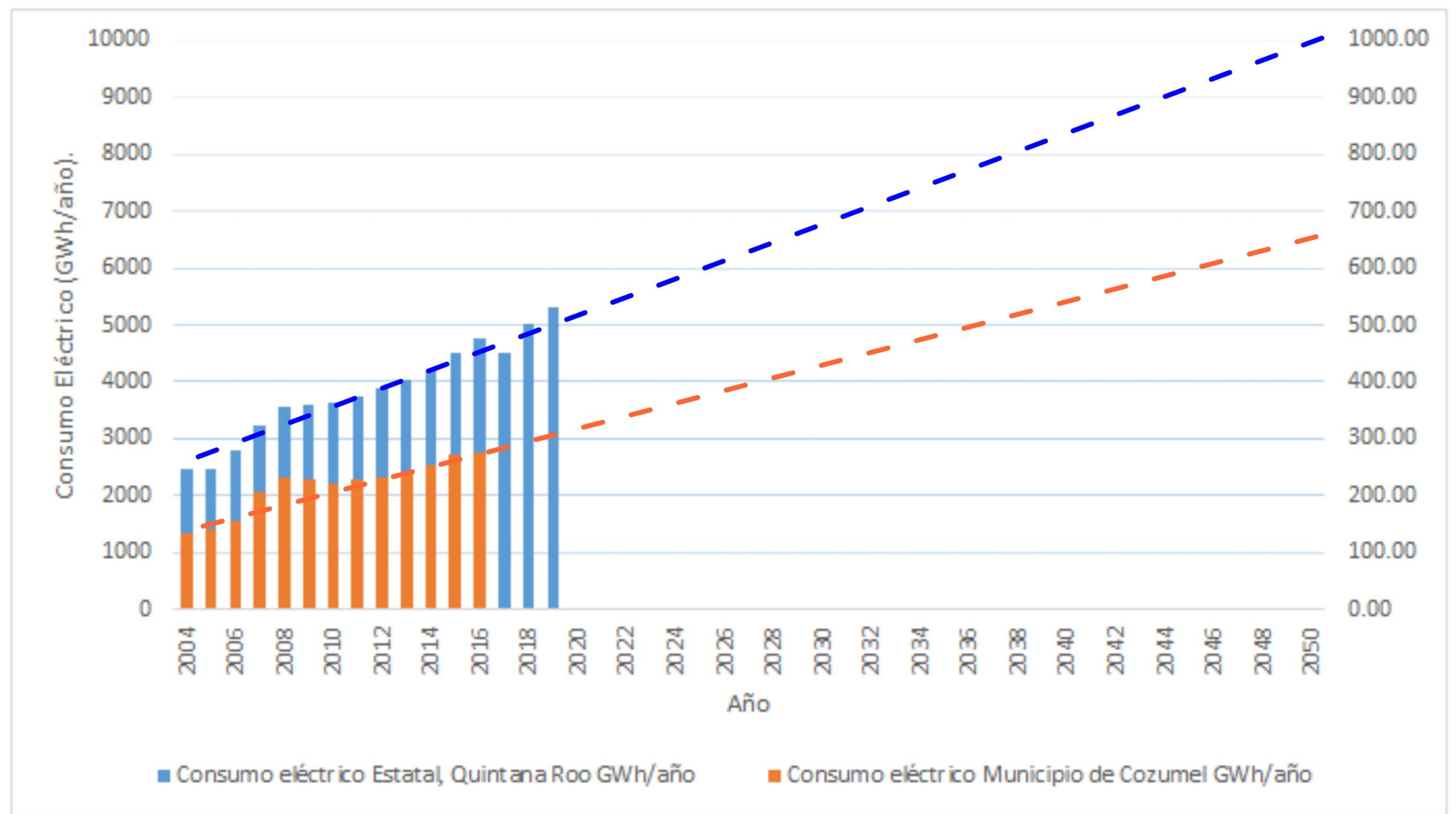


Figura 2. Consumo eléctrico de estado de Quintana Roo –Eje izquierdo– y el del Municipio de Cozumel del 2004 al 2020 Eje derecho. Fuente: (Secretaría de Energía, 2015), (Geografía (INEGI), 2016), (Secretaría de Energía Dirección General de Planeación e Información Energéticas, 2020).

MÉTODOS.

Se realizará un balance de energía eléctrica multi- anual de los años 2014 al 2017 para la isla de Cozumel con información de la Secretaría de Energía (SENER) y de la Comisión de Electricidad (CFE) (DOF: 08/07/2020, 2020), (Energía, 2020), (Secretaría de Energía, 2021), así como el informe Evaluación Rápida del Uso de la Energía, de Cozumel (Secretaría de Energía, 2015). Se revisó la bibliografía a los potenciales energéticos de las tecnologías FV, OTEC, corrientes oceánicas para la zona, con lo cual se establecieron los sitios de posibles aprovechamientos energéticos. Posteriormente y el software System Advisor Model 2020 1.29 (SAM) para obtener los potenciales técnicos se siguió la metodología de The Renewable Energy Potential (reV) Model: A Geospatial Platform for Technical Potential and Supply Curve Modeling (Maclaurin et al., 2019) de NREL. Las tecnologías analizadas fueron Fotovoltaica, corrientes oceánicas y gradiente térmico y datos de NREL (National Renewable Energy Laboratory, 2021b) donde se aplican los conceptos de costo de la energía (Ecuación 1) y Factor de Potencia asociados a los modelos de costos. Se consideran algunos supuestos por falta de datos y se considera esta estimación un primer acercamiento a los temas de posibles instalaciones de energías renovables marinas. Para finalizar se propone un esquema(s) desde el punto de vista técnico, que de información para ponderar los MW instalados de cada tecnología.

$$LCOE = \frac{CAPEX + \sum_{t=1}^n \frac{OPEX}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{AEP}{(1+r)^t}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$C.F. = \frac{AEP}{\bar{P} \cdot T} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Factor de Emisión std} = 0.454 \text{ toneladas de CO}_2 / \text{MWh} \quad (\text{Ecuación 3})$$

RESULTADOS

Tabla 1. Propuesta 1 de energías renovables por zona, Cozumel.

Zonas posibles de explotación	Vocación	Potencia instalada sugerida MW	Factor de planta hipotético %	AEP: Producción hipotética GWh/año	Estatus de la tecnología
Ciudad de Cozumel	Solar FV	40	20	70.080	Comercial
Canal de Cozumel	Energía por corrientes oceánicas (Hidrocinética)	45	60	236.52	Pre comercial
Costa oriental de Isla de Cozumel	OTEC-CC (Producción electricidad)	10	90	78.84	Pre comercial
Canal de Cozumel	OTEC-OC (Producción agua dulce +AA)	10	90	0	
Punta Norte isla Cozumel	EÓLICA	0	25	0.0	Comercial
Punta Sur isla Cozumel	EÓLICA	0	25	0.0	Comercial
TOTAL		105		385.44	

CONCLUSIONES.

En términos económicos los costos nivelados totales a lo largo de la vida útil del proyecto cable submarino 140 KVA es más económica por una diferencia de \$20,100.00 millones M.N., 18.5% más de costo. En términos de emisiones Equivalentes de CO₂, se contaminaría 35 veces más (Ecuación 3). Será necesario hacer estudios de optimización del uso de las energías renovables.

AGRADECIMIENTOS: Al Consejo Nacional de Ciencias de México y Tecnología (CONACyT), a la Secretaría de Energía (SENER), al Centro Mexicano de Innovación en Energías Oceánicas (CEMIE-Océano) y la Universidad del Caribe por apoyar este proyecto y proporcionar los recursos para su realización.

REFERENCIAS

- Energía, S. de. (2020). Prospectivas del Sector Energético. gob.mx. <http://www.gob.mx/sener/documentos/prospectivas-del-sector-energetico>
- Enrique Celestino Carrera Chan, María Fernanda Sabido Tun, Juan Francisco Bárcenas Graniel, & Estela Cerezo Acevedo. (2020). Environmental Impact Assessment of the Operation of an Open Cycle OTEC 1MW Power Plant in the Cozumel Island, Mexico. In Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)—Past, Present, and Progress (Open access peer-reviewed chapter, pp. 269–286). IntechOpen Limited. <https://www.intechopen.com/books/ocean-thermal-energy-conversion-otec-past-present-and-progress/environmental-impact-assessment-of-the-operation-of-an-open-cycle-otec-1mw-power-plant-in-the-cozumel>
- Freeman, J. M., D'Onofrio, N. A., Blair, N. J., Neises, T. W., Wagner, M. J., Gilman, P., & Janzou, S. (2018). System Advisor Model (SAM) General Description (Version 2019.9.5) [NREL/TP-6A20-70414, 1440404]. NREL/TP-6A20-70414, 1440404. <https://doi.org/10.2172/1440404>
- Geografía (INEGI). (n. de e. y. (2016). Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo años 2011-2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/buscar/detalle.html?q=Anuario+estadistico+geografico+q3%3AAlfco+de+Quintana+Roo+2013>
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. (1997). Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER). Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER). <http://sigil.ine.org.mx/siger>
- Jassiel V. Hernández Fontes, Edgar Mendoza, Yandy Rodríguez Cueto, & Rodolfo Silva Casarín. (2019). On the Marine Energy Resources of Mexico. Journal of Marine Science and Engineering, 7(19), 20. <https://doi.org/10.3390/jmse7060191>
- Juan Carlos Alcérreca-Huerta, Job Immanuel Encarnación, Stephanie Ordoñez-Sánchez, Mariana Callejas-Jiménez, Gabriel Gallegos Díez Barroso, Matthew Allmark, Ismael Mariño-Tapia, Rodolfo Silva Casarín, Tim O'Doherty, Cameron Johnstone, & Laura Carrillo. (2019). Energy yield assessment from ocean currents in the insular shelf of Cozumel Island. Journal of Marine Science and Engineering, 7(147), 1–17. <https://doi.org/10.3390/jmse7050147>
- Maclaurin, G., Grue, N., Lopez, A., Heimler, D., Rossol, M., Buster, G., & Williams, T. (2019). The Renewable Energy Potential (reV) Model: A Geospatial Platform for Technical Potential and Supply Curve Modeling (NREL/TP-6A20-73067, 1563140, MainId:13369). NREL/TP-6A20-73067, 1563140, MainId:13369. <https://doi.org/10.2172/1563140>
- National Renewable Energy Laboratory. (2021b). PVWatts Calculator Version 6.1.4. PVWATTS.CALCULATOR. <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
- National Renewable Energy Laboratory. (2021b). RE Data Explorer. Explore Renewable Energy Potential Around the World. <https://www.re-explorer.org/re-data-explorer/>
- Ocean Energy Systems. (2021). ANNUAL REPORT AN OVERVIEW OF OCEAN ENERGY ACTIVITIES IN 2020 (Núm. 2020, p. 188). The Executive Committee of Ocean Energy Systems. <https://www.ocean-energy-systems.org/publications/oes-annual-reports/>
- Secretaría de Energía. (2015). Evaluación Rápida del Uso de la Energía, Cozumel Quintana Roo, México (Federal Núm. 1; Evaluación Rápida del Uso de la Energía, p. 168). SENER. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/170882/7_Cozumel.pdf
- Secretaría de Energía. (2021). Documentos. <https://www.gob.mx/sener>
- Secretaría de Energía & Centro Nacional de Control de Energía. (2017). Lista de Obras al 2022 RNT y RGD del MEM vPAM 2017-2031. Programa de Ampliación y Modernización de la RNT y de la RGD. https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/ProgramaRNT_RDG.aspx
- Secretaría de Energía, & Centro Nacional de Control de Energía. (2020). Programa de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y redes generales de distribución del mercado eléctrico mayorista (PAMRNT 2020-2034; Prospectivas del Sector Energético). SENER. <https://www.gob.mx/sener/documentos/prospectivas-del-sector-energetico>
- Secretaría de Energía Dirección General de Planeación e Información Energéticas. (2020). Sistema de Información Energética. Sistema de Información Energética. <http://sise.energia.gob.mx/>
- Secretaría de Turismo, Quintana Roo. (2017). REPORTE ANUAL DE TURISMO QUINTANA ROO 2017 (Núm. 2017; Reporte Anual de Turismo Quintana Roo, p. 35). SECTUR.
- Tobal-Cupul, J. G., Cerezo-Acevedo, E., Arriola-Gil, Y. Y., Gómez-García, H. F., & Romero-Medina, V. M. (2021). Sensitivity Analysis of OTEC-CC-MX-1 KWe Plant Prototype. Energies, 14(9), 2585. <https://doi.org/10.3390/en14092585>
- Vázquez de la Cerda Rafael. (1983). Vázquez de la Cerda Rafael (1983). Boletín Informativo, sección de Egresados e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, ESA, año 5, N° 9, Noviembre –Diciembre, Pág. 17-18 México D.F. 1983. Material inédito proporcionado por el Dr. Alberto Mariano Vázquez De la Cerda.