

Análisis de datos de corrientes marinas para cálculo de potencial energético

Brian Raphael Conde Ortiz¹, Charly Sánchez Díaz², Xiomara González Ramírez³

¹ Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

cnde123@gmail.com

² División de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Centla, Tabasco, México. charlysan-

chez97@outlook.com

³ División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Salamanca, Gto.,

México. x.gonzalez@ugto.mx

Abstract

La energía es la base de desarrollo de cualquier sociedad, por tanto, la sustentabilidad energética está definida como el equilibrio en tres dimensiones principales: la seguridad energética, la equidad social y la sostenibilidad ambiental. Es de gran importancia buscar nuevas alternativas de generación energética para sustituir de forma parcial a las fuentes de energía convencional. Las energías provenientes del océano son una alternativa como fuente de energía limpia y renovable. En este trabajo se ha realizado la consulta, obtención y análisis de datos de corrientes marinas, como una opción de aprovechamiento energético. Se utilizaron puntos de estudio cercanos a las costas mexicanas, en las vertientes del Océano Pacífico y el Golfo de México.

1. Introducción

Los recursos provenientes del océano están catalogados como una alternativa para la generación, conversión y uso de energía eléctrica, en relación con el cuidado del medio ambiente, debido a que actualmente con la generación de energía eléctrica por medio de combustibles fósiles se está contaminando el medio

ambiente.

El interés en la investigación y tecnología de las energías renovables va en aumento en los países latinoamericanos, sin embargo, su avance no es comparable con lo desarrollado por países como China, Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Alemania, India, Nueva Zelanda y Dinamarca [1].

La energía para México es un elemento importante de su desarrollo, su adecuada gestión puede contribuir a alcanzar criterios de sustentabilidad. La transformación de energía disponible a energía útil ha aumentado por la producción de hidrocarburos y no por mejoras tecnológicas en la transformación y distribución de energía [2].

Actualmente el gobierno de México no tiene contemplada estadísticamente las energías oceánicas, y aún no se proyectan ni como capacidad instalada adicional para el 2029 y tampoco como generación de energía eléctrica de acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional [3].

Para México es necesario lograr avances significativos para que las fuentes de energía renovable sean competitivas frente a las fuentes fósiles. Por lo tanto, su aplicación representa para

el país un escenario de acceso a servicios de energía modernos con beneficios amplios, promoviendo la reducción de emisiones de carbón y el aceleramiento del desarrollo económico, tecnológico y científico [4].

Casi toda la energía que existe en el planeta proviene del sol, y las olas en los océanos no son la excepción. Al calentar éste la superficie de la Tierra de manera no uniforme, se da lugar a la formación de viento y éste a su vez, al viajar a través de la superficie de los vastos océanos da origen a las olas y a las corrientes marinas.

El presente estudio se centra en el potencial energético producido por corrientes marinas en las costas de México, debido a que este se encuentra rodeado por dos océanos; los cuales tienen características climáticas, atmosféricas y oceánicas muy diferentes para así lograr determinar localizaciones de interés para la generación de energía eléctrica proveniente de fuentes oceánica.

II. Energía Por Corrientes Marinas

Las corrientes marinas son corrientes compuestas de componentes verticales y horizontales circulantes en los océanos, que son generadas por efectos de la gravedad de la Tierra, la fricción del viento, temperatura y la variación de densidad del agua marina que ocurre en distintas partes de todo el océano. Las corrientes marinas son similares a los vientos en la atmósfera, los cuales transfieren cantidades significantes de temperatura de la tierra a los polos, por lo que tienen un rol importante en la determinación de los climas en las regiones costeras alrededor del mundo. Las corrientes marinas y la circulación atmosférica se influyen entre sí [5].

En virtud que las variaciones térmicas de largo periodo de estas corrientes están siendo utilizadas para estimar el cambio climático del planeta, actualmente se encuentran sujetas a muy diversas investigaciones. El potencial energético de las corrientes es elevado y diversos sistemas de ingeniería se han puesto a prueba para su explotación [6, 7]. Entre las ventajas que se pueden esperar del aprovechamiento de esta fuente de energía son [1]:

- Posibilidad de predecir su disponibilidad.
- Factores de capacidad del 40 al 60% (el doble de otras fuentes renovables intermiten-

tes).

- Impacto medioambiental mínimo; no producen contaminación visual, polución o ruido ya que los rotores de los generadores son lo suficientemente lentos, no afectando a la vida marina.

- Las condiciones bajo el mar durante una tormenta son relativamente benignas.

En la Fig. 1 se ilustra las corrientes marinas que circulan en el territorio marítimo mexicano.

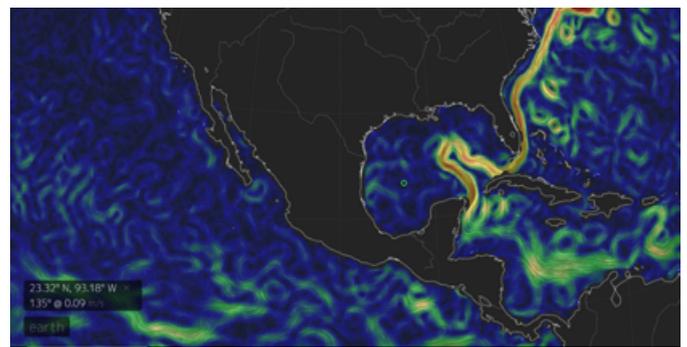


Fig.1. Corrientes marinas superficiales en México [8].

La obtención de energía por medio de corrientes marinas consiste en el aprovechamiento de la energía cinética contenida en estas. El proceso de captación se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores empleando, en este caso, instalaciones submarinas [9].

Las turbinas de corrientes marinas son muy parecidas a los molinos de viento, excepto que los rotores de los molinos son impulsados por corrientes constantes y de rápido movimiento. Los rotores sumergidos aprovechan la potencia de las corrientes marinas para impulsar los generadores, que a su vez producen electricidad. Una turbina típica tiene una vida útil de 25 años, con un ciclo de mantenimiento de 5 años. Las turbinas de marea se instalan en el lecho marino en lugares con altas velocidades de corriente de marea, o fuertes corrientes oceánicas continuas donde extraen energía del agua que fluye [10].

Son cada vez más las empresas que diseñan dispositivos capaces de explotar un recurso tan abundante. La mayoría de los dispositivos llegan únicamente a ser prototipos a escala reducida en proceso de investigación, otros han logrado dar un paso más creando captadores operativos a escala real. Sin embargo, no es posible distinguir entre todos estos diseños un

único ejemplar que muestre unas perspectivas más prometedoras que sus competidores, puesto que ninguno de ellos ha sido probado a nivel comercial en un parque de olas [11].

III. Formulación Para Potencial

Para el modelado de turbinas y corrientes marinas, la expresión de la potencia extraíble P , en función de la velocidad del flujo de agua y parámetros de la turbina, es [12]:

$$P = 1/2 \rho C_P S v^3$$

(1)

Donde:

ρ Densidad del agua (1027 kg/m³)

C_P Coeficiente de potencia (0.3).

S Superficie transversal (m²).

v Velocidad flujo de agua (m/s).

En la ecuación (1) se toma en cuenta el coeficiente de potencia que es característico para las turbinas, este coeficiente, conocido como límite de Betz [13], se toma para este estudio con un valor de 0.3, debido a que las turbinas no aprovechan o no pueden convertir toda la energía cinética de las corrientes marinas.

Previo al análisis se determinaron algunas de las turbinas submarinas existentes comerciales, para realizar un estimado de potencia generada por las corrientes marinas con los datos obtenidos de la velocidad en los puntos de interés. La Tabla 1 muestra las características de las turbinas seleccionadas para el análisis. La turbina que presenta mayor generación es el modelo SeaGen-S, debido a que su área superficial del rotor es mucho mayor que las otras turbinas comerciales propuestas.

IV. Puntos De Estudio

Para el presente estudio se realizó una toma de los datos que proporciona la plataforma de Globcurrent, con la finalidad de obtener las velocidades de las corrientes marinas en puntos específicos de las costas del Golfo de México y Océano pacífico, posteriormente se realizó un análisis de los datos obtenidos y se pudo calcular la velocidad promedio en los puntos de interés.

Los datos obtenidos por Globcurrent [14] son de módulo de velocidad superficial de corrientes marinas (que abarcan hasta 15 m de profundidad, en m/s) y la dirección que lleva la corriente hacia el oeste con referencia al norte (en grados decimales). Se tomaron 10 puntos de muestreo a lo largo de las costas mexicanas:

5 en las costas del Golfo de México y 5 en las costas del Océano Pacífico. Estos 10 puntos se muestran en la Fig. 2. La serie de datos obtenidos se tomaron por días, en un periodo que abarca desde el 1 de enero de 2018 hasta el 18 de junio de 2019. De estos datos se sacó un promedio mensual. Las Tablas 2 y 3 muestran las características de cada uno de los puntos de interés utilizados para la toma de datos de velocidad de corrientes marinas superficiales, a lo largo del Atlántico y del Pacífico, respectivamente.

Parámetros / Turbinas	HS1000 [15]	SeaGen-S [10]	KHPS [13]	SMD Hydrovision [13]
Velocidad [m/s]	1	1 - 2.5	1 - 1.8	1 - 2.0
Área [m ²]	300 - 500	628	19.63	50.26
RPM	10	4 - 11.5	32	-
Pnom [kW]	200 - 500	1000	36	1000
Profundidad [m]	35 - 100	25 - 50	-	-
Vida útil [años]	25	25	-	-

Tabla 1. Características de las turbinas submarinas comerciales.

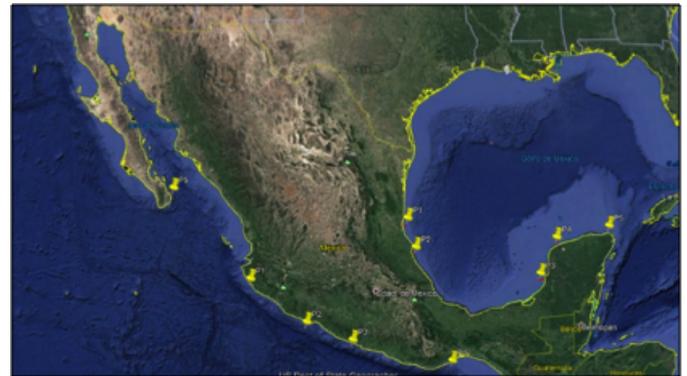


Fig. 2. Puntos de estudio.

Punto	Estado	Latitud	Longitud	Distancia a costa [km]
P1	Tamaulipas	22°28'20"	97°40'38"	18.73
P2	Veracruz	21°7'33"	97°16'54"	9.49
P3	Campeche	19°38'34"	90°59'51"	31.39
P4	Yucatán	21°17'23"	90°4'29"	13.7
P5	Quintana Roo	21°37'9"	87°7'49"	2.85

Tabla 2. Datos de los puntos de interés ubicados en el Golfo de México.

Punto	Estado	Latitud	Longitud	Distancia a costa [km]
P1	Jalisco	19°33'36"	105°13'48"	6.404
P2	Michoacán	17°32'24"	102°15'36"	15.805
P3	Guerrero	16°49'12"	100°19'12"	22.456
P4	Oaxaca	15°43'48"	95°30'00"	27.626
P5	Baja Cal. Sur	23°33'36"	109°27'00"	2.1

Tabla 3. Datos de los puntos de interés ubicados en la costa del Pacífico.

I.Resultados Obtenidos

Golfo de México

Se encontró la velocidad media mensual y anual obtenida por la plataforma de Globcurrent para los puntos localizados en las costas del Golfo de México. En la Fig. 3 se observa la comparación de las velocidades medias de los 5 puntos, se observa que en el punto P5, ubicado en el estado de Quintana Roo, obtuvo mayor velocidad con respecto a los demás puntos de estudio, esto es debido a que en ese punto converge una cantidad importante de corrientes marinas provenientes del mar caribe. En la Fig. 4 se observa la potencia generada anual por la turbina SeaGen-S en el punto P5.

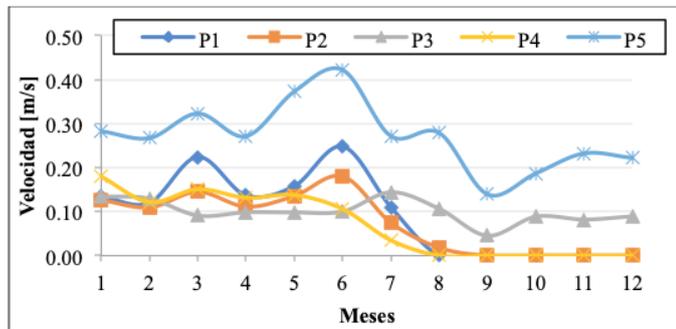


Fig. 3. Comparación de la velocidad media (mensual) de los puntos del Golfo de México.

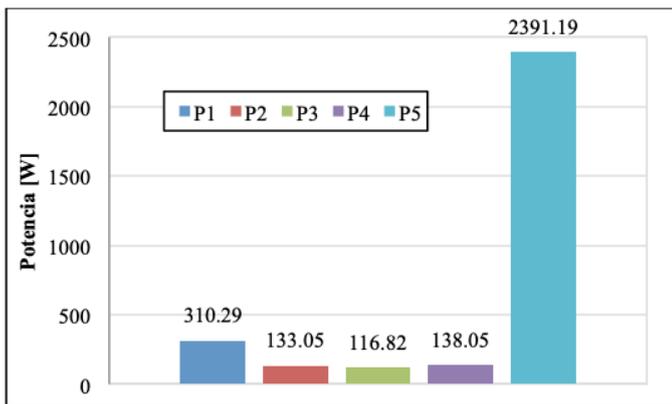


Fig. 4. Potencia media (anual) generada con la turbina SeaGen-S.

Océano Pacífico

Así como se realizó el análisis para el Golfo de México, para los puntos del Océano Pacífico se determinó la velocidad media mensual y anual obtenida por la plataforma de Globcurrent. En la Fig. 5 se observa que el punto P4, ubicado en

el estado de Oaxaca, posee mayor velocidad con respecto a los demás puntos seleccionados en la costa del Pacífico. En la Fig. 6 se observa la potencia generada anual por la turbina SeaGen-S, debido a que su localización y a las corrientes marinas de la zona, resultó con mayor potencial energético que los demás puntos de interés.

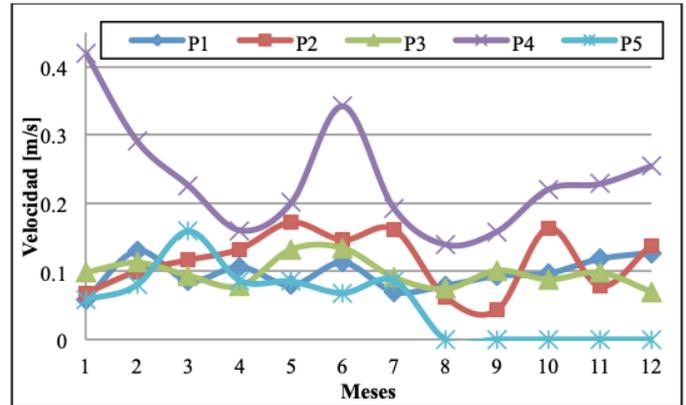


Fig. 5. Comparación de velocidad media (mensual) de los puntos de la costa del Pacífico.

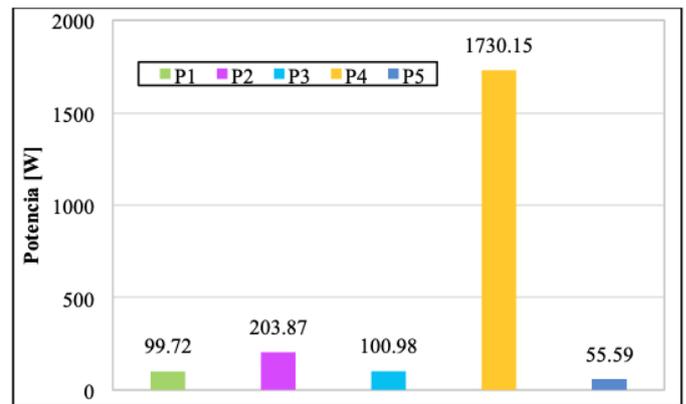


Fig. 6. Potencia media anual generada con la turbina SeaGen-S.

VI. Conclusiones

En este trabajo se realizó la consulta, obtención y análisis de datos de corrientes marinas, como una opción de aprovechamiento energético. Se utilizaron puntos de estudio cercanos a las costas mexicanas, en las vertientes del Océano Pacífico y el Golfo de México.

En Quintana Roo (punto P5 del Golfo de México) existe una corriente de mayor velocidad media anual con respecto a los otros puntos de interés del Golfo de México, que tiene un valor de 0.272 m/s además que se podrían generar una potencia media anual de 2391.19 W con la turbina SeaGen-S.

En la costa de Oaxaca (punto P4 de la costa del Pacífico) existe una corriente de mayor velocidad anual que otros puntos analizados en la línea costera del Pacífico que posee un valor de 0.236 m/s, con el cual se obtuvo una potencia generada de 1730.15 W con la turbina Sea-Gen-S.

El potencial energético por corrientes marinas, calculados en los puntos de estudio, puede ser utilizado para crear microrredes si se instalan granjas de generación eléctrica por corrientes marinas en los puntos P4; ubicado en la costa del Pacífico y P5; ubicado en la costa del Golfo de México, ya que, en la actualidad, la demanda energética está en constante crecimiento debido al crecimiento poblacional y tecnológico.

La generación de potencial energético a por medio de corrientes marinas es una opción viable para suministrar energía a poblados aledaños a las costas.

VII. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por aceptar el proyecto Consulta, obtención y análisis de datos de Corrientes Marinas para cálculo de potencial energético, en la Convocatoria 2019 del Programa XXV Verano de la Ciencia UG.

VIII. BIOGRAFÍAS

Brian Raphael Conde Ortiz es estudiante de décimo semestre de la Licenciatura en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de San Carlos De Guatemala (USAC), en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EIME), Campus Central, Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Charly Sanchez Diaz es estudiante de noveno semestre de la Licenciatura en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Centla, en la Academia de Ingeniería Industrial del Instituto, Campus Frontera -Centla, Tabasco, México.

Xiomara González Ramírez es Ingeniera Electricista de la Universidad del Valle (Cali, Colombia) en 2008; obtuvo el grado de Maestría en 2010 y el grado de Doctorado en 2015 en Ingeniería Eléctrica en la especialidad de Sistemas Eléctricos de Potencia en el CINVESTAV-Guadalajara. Ha trabajado en el campo de sustentabilidad energética con CONACYT y la Secretaria de Energía. En la actualidad es profesora

en la Universidad de Guanajuato en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca.

Referencias

- [1] X. González, I. Hernández, H. Barrios, «Potencial energético undimotriz en nodos costeros de México Parte 1: estimación energética» *Tecnologías y Ciencias del Agua*, vol. 8, N.º 6, 2017.
- [2] A. L. García, «Análisis de insumo-producto de energía y observaciones sobre el desarrollo sustentable, caso mexicano 1970-2010,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 16, N.º 2, pp. 239-251, 2015.
- [3] A. G. Carrillo y R. R. Cabrera., «Evaluación del potencial energético del oleaje en la costa sur del Golfo de México,» *DYNA*, vol. 82, N.º 193, pp. 49-55, 2015.
- [4] C. M. d. I. e. E. Océano, «El océano cómo fuente de energía,» Instituto EPOMEX y Universidad Autónoma de Campeche, 01 enero 2017. [En línea]. Disponible en: <https://cemioceano.mx/oceano-fuente-energia.html>. [Último acceso: 18 junio 2019].
- [5] A. L. G. Claudia Cenedese, «Ocean current,» *Encyclopedia Britanica*, 01 enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/science/ocean-current>. [Último acceso: 20 junio 2019].
- [6] R. S. Dirzo y R. S. Casarín., «Hidrógeno del mar,» *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, vol. 15, N.º 1, pp. 46-61, 2012.
- [7] A. E. O. M. T. J. Salma Hazim, «"Marine Currents Energy Resource Characterization for Morocco",» *Energy Procedia*, vol. 157, n.º 1, pp. 1037- 1049, 2019.
- [8] Earth. <https://earth.nullschool.net/> [Último acceso: 15 agosto 2019].
- [9] G. d. España, «ENERGÍAS DEL MAR,» Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, 12 agosto 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/usoelectrico/energias-del-mar>. [Último acceso: 19 junio 2019].
- [10] SIMEC ATLANTIS ENERGY. «TURBINAS Y SERVICIOS DE INGENIERÍA» *TURBINAS DE MAREA*, 04 Marzo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://simecatlantis.com/servicios/turbines/>. [Último acceso: 25 junio

2019].

[11] B. Cavia. "Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de prototipos captadores" tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, España, 2009.

[12] E. M. Ahmed, M. Shoyam and G. M. Dousoky. "On the behaviour of marine and tidal current converters with DC-DC boost converter". Proceedings of the 7th International Power Electronics and Motion Control Conference. Harbin, 2012, pp. 2250-2254.

[13] A.R. Grünewald. "Estudio de la generación energética con turbinas hidráulicas en las corrientes marinas". Trabajo de graduación a nivel Master. Cartagena, 27 de septiembre del 2012.

[14] Globcurrent. [En línea]. Disponible en: www.globcurrent.org. [Último acceso: 15 agosto 2019]

[15] "Turbinas de marea", ANDRITZ Hydro Hammerfest,, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.andritzhydrohammerfest.co.uk/-tidal-turbines/>. [Último acceso: 21-jul-2019].