



Diseño de Prototipo Conversor de Energía Undimotriz a Energía Eléctrica

Hugo Alberto Solís Martínez, Gabriela Itzel Chavarría Macías,
Noé Toledo González

Universidad Tecnológica de Matamoros, Carretera Matamoros-Reynosa Km. 8.5 Ej. Guadalupe (tel: 8681533443 e-mail: hugo.solis@utmatamoros.edu.mx) Universidad Tecnológica de Matamoros, Carretera Matamoros-Reynosa Km. 8.5 Ej. Guadalupe (gabriella.chavarria@utmatamoros.edu.mx), Universidad Tecnológica de Matamoros, Carretera Matamoros-Reynosa Km. 8.5 Ej. Guadalupe (e-mail: noe.toledo@utmatamoros.edu.mx)

Resumen: Durante muchos años el uso desmedido de hidrocarburos como fuente de generación eléctrica y la gran variedad de productos que de ellos derivan ha ocasionado una gradual disminución de los mismos. Su explotación y quema esta ocasionando fuertes cambios climáticos, además de ser procesos altamente contaminantes. Es por eso la urgencia de desarrollar fuentes de energías limpias y renovables que ayuden a sustituir parcialmente de manera eficiente y rentable a las fuentes de energía producida con combustibles fósiles, como son la energía fotovoltaica, eólica, hidráulica, geotérmica, solar etc. Los océanos también proveen una gran cantidad de energía a partir de las mareas y de las olas marinas conocidas como energía undimotriz. En nuestro país durante el año anterior se registra el 75.88% de la energía eléctrica utilizada en el país es de fuentes fósiles, 17.29% de energías renovables y 6.83% de otras energías limpias. La energía de las olas o energía undimotriz es una alternativa consistente basada en la fuerza de las olas a lo largo de los océanos. El diseño mecánico del conversor de energía se basa en el aprovechamiento de la energía cinética y potencial de las olas de los océanos de manera vertical para que el mecanismo biela manivela lo transforme en movimiento circular que haga girar el tren de engranes produciendo las revoluciones en el generador eléctrico convencional. La investigación demuestra la factibilidad del uso del conversor de energía, con la alternativa de uso en plataformas petroleras.

Palabras clave: energía renovable, energía undimotriz, conversor de energía, combustibles fósiles.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de dos siglos la evolución social, industrial y tecnológica a derivado en el consumo excesivo de combustibles fósiles, debido a una infinidad de productos que de ellos provienen así como una dependencia de la energía eléctrica a la que se está sujeto el desarrollo tecnológico, siendo los hidrocarburos la principal materia de generación eléctrica en el país y en el mundo, colocando esta situación en un dilema ya que de un lado está el desarrollo y bienestar de la humanidad y por otro lado el cobro de nuestro planeta por la gran contaminación que el uso de estos conlleva.

De ahí el pensar seriamente en la necesidad de dar un giro a nuestra dependencia energética haciendo uso de las fuentes renovables que nos ofrece nuestro planeta, debido a los efectos casi nulos que este tipo de energía produce.

Existen diferentes tipos de energía que se aprovechan en los océanos, para la conversión a energía eléctrica, entre las más

viables se consideran: la energía undimotriz, la energía mareomotriz y los gradientes salinos.

La energía undimotriz se define como aquella que es obtenida a través de la captación de la energía cinética contenida en el movimiento de las olas, Energía Undimotriz (2015, a). Esta energía del mar es considerada la más joven y menos exploradas de las energías oceánicas, donde los estudios realizados indican que existe un gran potencial. La energía undimotriz está dividida en primera, segunda y tercera generación de acuerdo a la profundidad del suelo marino donde esté instalado el dispositivo conversor.

El potencial undimotriz es grandísimo y su distribución al igual que las demás energías renovables es desigual en todo el planeta, en la siguiente (fig. 1). Se muestra la distribución del recurso mundial de energías de las olas.



Fig.1 Recurso mundial de energía de las olas. Los números representan el flujo de energía promedio en (kwm) UPPSALA.

1.1 Las olas como recurso energético

Las olas son ondas que se desplazan por la superficie de los mares y océanos, son puestas en marcha por el viento, y representan el principal agente modelador de las costas.

Las olas se caracterizan por tener:

- Longitud de onda (L): Distancia entre dos picos consecutivos.
- Altura de onda (H): Diferencia entre un pico y un valle.
- Periodo (T):
- Tiempo (en segundos) que tarda un valle o un pico de la ola en recorrer su longitud de onda. Como se muestra a continuación en la (fig. 2).

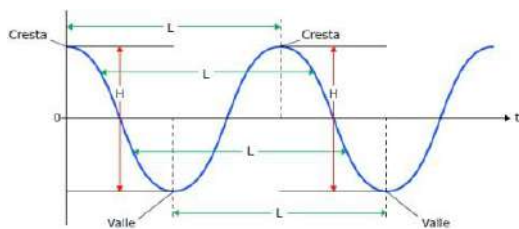


Fig. 2 Características de la ola.

El tamaño de una ola dependerá de tres factores:

- Velocidad del viento.
 - Tiempo durante el cual éste está soplando.
 - Distancia sobre el cual la energía del viento se transfiere al océano para formar olas Energía Undimotriz (2015, b).
- Dadas las características de las olas se pueden aprovechar su potencial como recurso energético de una manera constante.

1.2 La energía eléctrica y su generación

La energía eléctrica se produce en las plantas eléctricas que son un ensamble de sistemas o subsistemas para generar electricidad, es decir, potencia eléctrica con economía y satisfaciendo ciertos requerimientos técnicos (eficiencia, disponibilidad, etc.) y de impacto ambiental. Una planta generadora de electricidad o planta eléctrica debe ser útil económicamente y desde el

punto de vista ambiental amigable con la sociedad, Enríquez (2009). Se puede dividir en 2 grandes grupo: energías convencionales y no convencionales. Las energías no convencionales son la de mayor capacidad instalada en México siendo la principal fuente de energía con el uso de materiales fósiles, como se muestra en la (fig. 3). En cuanto a las energías renovables la hidroeléctrica representa la energía con mayor capacidad instalada seguida de la energía eólica y la energía undimotriz no tiene registro hasta el primer semestre del 2018 SENER (2018, a).

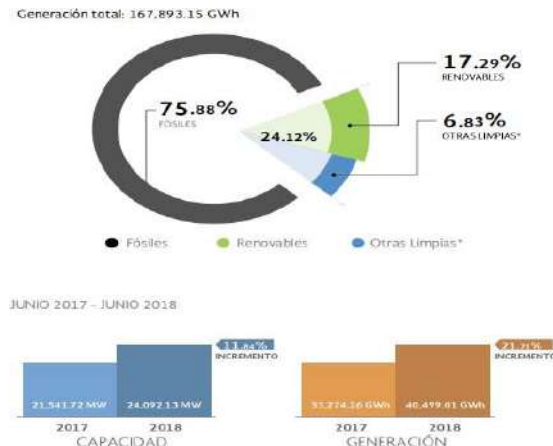


Fig. 3. Capacidad de generación eléctrica durante el primer semestre de 2018 en México. SENER (2018, b).

1.3 Tecnologías de conversión

Existen diferentes tipos de metodologías para el aprovechamiento de la energía de las olas, tales como:

La Columna de Agua Oscilante es una estructura semi-sumergida fija o flotante, parcialmente llena por el agua de mar y está integrada por una cámara de aire, una turbina bidireccional Wells y un turbogenerador, este funciona en dos semiciclos: el primero cuando la ola impulsa el agua hacia la cámara y el segundo cuando la ola regresa el agua saliendo de la cámara, en los dos casos el movimiento del agua produce una variación de presión impulsando al aire a través de la turbina. Por ejemplo: Voith Hydro Wavegen, Wave Pico Plant, OE Buoy.

El Atenuador utiliza la energía de las olas incidentes para inducir un movimiento oscilatorio entre dos (o más) componentes estructurales contiguos. El movimiento es soportado por cilindros hidráulicos que bombean fluido hidráulico de alta presión a través de un motor, o por una potencia de accionamiento directo despegan del sistema, para generar electricidad. Pueden ser flotantes o totalmente sumergidos, el primero es más común, tiende a moverse automáticamente para enfrentar la dirección natural del oleaje. Por ejemplo: Pelamis y Dexawave, IMP (2017).



2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó un prototipo para la recolección de datos en un ambiente controlado utilizando una biela manivela embolo conectado a una rueda excéntrica, que a su vez mueve un tren de engranes el cual hace rotar el eje de un generador eléctrico.

Se utilizaron herramientas informáticas tales como: Solidword para el diseño 3D de las pieza del prototipo, Microcontrolador Arduino con la shield MicroSD para el almacenamiento de datos que fueron analizados estadísticamente con el software ISSP.

2.1 Análisis estadístico

Los datos del comportamiento del prototipo fueron analizados en un ambiente controlado donde el oleaje de laboratorio es provocado para obtener un comportamiento a escala pero muy similar al mar en la zona del puerto del mezquitil de Matamoros Tamaulipas. Para el análisis del oleaje provocado se utilizó el software ISSP, arrojando resultados con una altura significativa promedio entre 0.3m y 0.4m, con un periodo de 3.5 segundos entre ola. Dato indispensable para la obtención del resultado final como el flujo de energía que será aprovechado por el prototipo conversor.

Utilizando los datos obtenidos del ISSP de la altura significativa, el periodo de oleaje y las ecuaciones necesarias para, el comportamiento del mar que está generalmente compuesto por olas que poseen diferentes alturas, periodos, y direcciones. Para un mar irregular, la energía total promedio de las olas se calcula:

$$P = kH^2T \quad (1)$$

Donde k es constante, que se obtiene por la ecuación.

$$k = (\rho g^2) / 64\pi \quad (2)$$

Donde: ρ : es la densidad del agua de mar (1025 kg/m^3) g: es la gravedad (9.80665 m/s^2) π : valor aproximado 3.1416 Por lo tanto: $k = 0.490H^2T$

Donde P es el flujo de energía de la ola expresado en kW/m. dando como resultado un flujo de energía

$P = 0.49 (.35\text{m})^2(3.5\text{s}) = .21008\text{kW/m}$, de potencia ofrecida, por las olas de laboratorio para ser aprovechadas en el prototipo para conversión de movimiento. Donde el par torsional de la rueda excéntrica estará dado por la potencia ofrecida entre la velocidad de rotación, despreciando la pérdida de energía o potencia en el mecanismo biela manivela considerando solo la transformación de movimiento que tiene una velocidad rotacional igual al periodo de oleaje tenemos:

$$PT = P/n \quad (3)$$

Donde PT es el par torsional, P es la potencia ofrecida y n la velocidad de rotación en segundos tenemos $PT = (.21008\text{kW/m})(3.5\text{s}) = .0600\text{kg}\cdot\text{m}$.

Es la potencia de entrada en el tren de engranaje que se diseñó con una relación de 1 a 4 revoluciones para cuadruplicar la velocidad de giro en nuestro generador eléctrico en donde el potencial mecánico recibido es de: $(0.0600/4) = 0.01500\text{kW/m}$. Con una velocidad de giro de 68.57 RPM para este diseño.

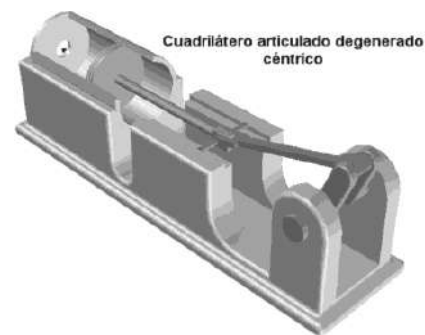
2.2 Diseño mecánico

El diseño mecánico se realizó en solidwork a través de un modelado 3D, donde se dibujó cada una de las piezas por separado para su facilidad de impresión y realizar el prototipo. Realizaron pruebas en condiciones controladas en laboratorio que se puedan extrapolar con datos obtenidos

El diseño mecánico se hace en 2 etapas, utilizando el biela manivela para transformar el movimiento lineal a movimiento giratorio y el tren de engranes para multiplicar la velocidad de giro.

2.2.1 Mecanismo biela de manivela excéntrico.

Los mecanismos se referencian por un código de letras según sus pares cinemáticos presentes en el mecanismo general: P, para el par prismático o de traslación, R, el par de rotación, C, el par cilíndrico y S, el par esférico etc. En el caso de una maquina biela manivela excéntrico el código sería: PRRR, etc. En la siguiente (fig. 4). se presenta un mecanismo de biela manivela excéntrico: tiene un par de rotación en el pistón con soporte, 1 par prismático pistón embolo y 2 pares de rotación en la manivela. García(2007).



En este

Fig. 4. Mecanismo biela manivela. mecanismo, el movimiento de rotación de una manivela o cigüeñal provoca el movimiento rectilíneo, alternativo, de un pistón o émbolo. Una biela sirve para unir las dos piezas. Con la ayuda de un empujón inicial o un volante de inercia, el



movimiento alternativo del pistón se convierte en movimiento circular de la manivela.

2.2.2 Tren de engranes compuesto

Un tren de engranajes es un mecanismo que transmite movimiento desde una flecha motriz hasta una flecha accionada, por mediación de dos o más engranes se denomina tren de engranajes. Existe una relación afín, mg , llamada relación de engrane, que se emplea con frecuencia en el análisis de funcionamiento de los engranes. Siempre se define como el número de dientes de engranes entre el número de dientes del piñón independientemente de cual sea el impulsor. Así, mg , siempre es mayor o igual a 1.0 cuando el piñón es el impulsor como, en el caso de un reductor de velocidad, mg es igual a VR Moll (1985). Esto es relación de engranes

$$Mg = Ng/Np \geq 1.0 \quad (4)$$

En la siguiente figura se muestra un par de engranes que conforman el tren de engranaje utilizado en el prototipo (fig. 5). realizado en SolidWorks

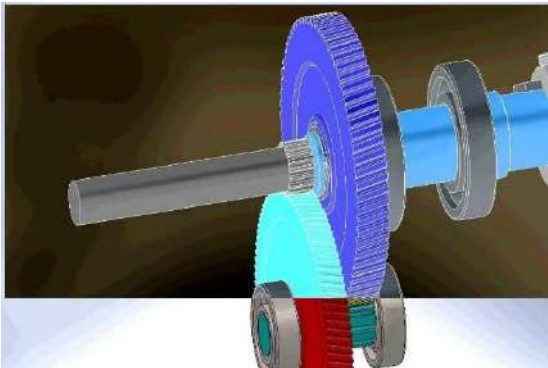


Fig. 5 Tren de engranes compuesto.

2.3 Generador eléctrico

Los generadores cambian la energía mecánica en energía eléctrica, en tanto los motores eléctricos cambian la energía eléctrica en mecánica; los generadores y motores eléctricos son muy parecidos, de hecho, están constituidos de la misma manera general, y ambos, dependen de los mismos principios electromagnéticos para su operación.

Al primer principio se le llama acción del generador y se le conoce también como inducción. El voltaje se puede inducir en un conductor que se encuentra dentro de un campo magnético, esto sucede cuando el flujo magnético se corta por el conductor. En algunos casos se mueve el

alambre; en otros se mueve el campo y aun en otros ambos se mueven pero a distintas velocidades.

Este principio toma la energía mecánica para producir el movimiento, este produce la electricidad por ser generada Enríquez (2004).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El diseño del prototipo generó resultados que comprueban la funcionabilidad del convertidor tanto en funcionamiento teórico como práctico dando pie a escalar a mayores dimensiones el prototipo propuesto, así como incrementar las variables asemejando aún más el comportamiento real del mar con oleajes más grandes así como el factor marea y el incremento en la generación eléctrica utilizando otro tipo de generador más potente que conlleva un torque mayor. El diseño otorga una gran facilidad para el aprovechamiento de tecnologías actuales como son las impresoras 3D que facilita demasiado conseguir las piezas adecuadas y disminuye los presupuestos de construcción, también la compatibilidad que ofrecen software como es SolidWorks para el dibujo y fabricación con la ventaja de ser muy utilizados en el sector educativo e industrial.

En general el prototipo convertidor de energía undimotriz a energía eléctrica mostró la resistencia necesaria para su funcionamiento así como también soportó pruebas de estrés mecánico con oleajes demasiado altos y frecuentes durante su validación y principalmente la implementación en un generador terminó por demostrar la hipótesis de su funcionamiento bajo las condiciones establecidas.

REFERENCIAS

- Energía Undimotriz (2015). Seminario: Mercado de Energía Convencional y Renovable para Ingenieros Civiles.
- Enríquez-Harper, G. (2004). *El Libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos*. Pag. 1. Editorial Limusa.
- Enríquez-Harper, G. (2009). *Tecnologías de generación eléctrica*. Pag. 45. Editorial: Autor-Editor.
- García-Prada, J. C., Castejón-Sisamón C., Rubio-Alonso, H. y Meneses-Alonso, J. (2007). *Problemas resueltos de teoría de máquinas y mecanismos*. Pag. 9. Editorial Paraninfo.
- IMP (2017). Reporte de inteligencia tecnológica energía del océano. Pag. 23. *SENER*.
- Moll, R. L. (1985). *Diseño de elementos de máquinas*. Editorial Pearson.
- SENER (2018). Reporte de Avance de Energías Limpias Primer Semestre. México.