



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Análisis del potencial energético undimotriz para la generación
eléctrica en Tumbes y Piura**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTORES:

Cordova Luna, Noe Beltran (orcid.org/0000-0003-4191-483X)

Reyes Cruz, Joseph Alexis (orcid.org/0000-0002-0208-5031)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesus (orcid.org/0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, “Y todo lo que hacéis, sea de palabra o de hecho, hacedlo todo en el nombre del señor Jesús, dando gracias a Dios por medio de él”, (Colosenses 3:17).
a mis padres y hermanos por su amor, confianza, apoyo moral e incondicional para así poder cumplir con este logro profesional.

A los docentes que a lo largo de mi formación académica han compartido sus experiencias, conocimientos para guiarnos a lograr el objetivo.

Córdova Luna Noé Beltrán

A Dios por guiarme en el buen camino, y no desmayar ante los problemas, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis padres por su apoyo, amor, consejos, comprensión porque gracias a ellos soy una persona con valores y principios formados siempre con el coraje para lograr mis objetivos.

A mis hermanos y demás familiares en general por el cariño, apoyo, aliento brindado día a día en el transcurso de mi formación profesional.

Reyes Cruz Joseph Alexis

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos ayudado maravillosamente en cada paso de esta investigación, facilitando y abriendo caminos, y sobre todo por habernos inspirado.

A los docentes por sus enseñanzas, paciencia con cada uno de sus alumnos, y por estar siempre estar prestos a resolver nuestras inquietudes, gracias por su apoyo.

Córdova Luna Noé Beltrán

Expresó mi gratitud a Dios por darnos la vida, la salud e iluminar nuestros conocimientos y darnos la fuerza que necesitamos para poder culminar este objetivo.

A los docentes por transmitirnos sus conocimientos, experiencias y su colaboración en nuestra formación académica con su disposición abierta a responder nuestras consultas.

A mis familiares y amigos muchas gracias por su apoyo brindado.

Reyes Cruz Joseph Alexis

Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	5
III METODOLOGÍA.....	30
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2 Operacionalización de variables.....	30
3.3 Población, muestra y muestreo.....	31
3.4 Procedimientos.....	32
3.5 Método de análisis de datos.....	33
3.6 Aspectos Éticos.....	34
IV RESULTADOS.....	35
V DISCUSIÓN.....	67
VI CONCLUSIONES.....	72
VII RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Resumen de factores económicos e incentivos</i>	8
Tabla 2. <i>Clasificación de los incentivos para renovables - I</i>	9
Tabla 3. <i>Clasificación de los incentivos para renovables - II</i>	9
Tabla 4. <i>Tabla de técnicas e instrumentos</i>	32
Tabla 5. <i>Valores medios de la cota significativa, período medio, potencia y dirección de propagación de olas</i>	40
Tabla 6. <i>Generación Bruta anual por tipo de Combustible</i>	40
Tabla 7. <i>Ventas a clientes libres y regulados</i>	41
Tabla 8. <i>Longitud de Onda Anual</i>	42
Tabla 9. <i>Celeridad Energética de las Olas</i>	43
Tabla 10. <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i>	44
Tabla 11. <i>Flujo de Energía 2019</i>	44
Tabla 12. <i>Valores de energía total</i>	45
Tabla 13. <i>Longitud de onda Anual</i>	45
Tabla 14. <i>Celeridad energética de las Olas</i>	46
Tabla 15. <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i>	47
Tabla 16. <i>Flujo de energía 2020</i>	47
Tabla 17. <i>Valores de energía total</i>	48
Tabla 18. <i>Longitud de Onda Anual</i>	48
Tabla 19. <i>Celeridad energética de las Olas</i>	49
Tabla 20. <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i>	50
Tabla 21. <i>Flujo de energía 2021</i>	50
Tabla 22. <i>Valores de energía total</i>	51

Tabla 23. <i>Información general Año 2019, 2020, 2021.</i>	51
Tabla 24. <i>Demanda eléctrica promedio abastecer.</i>	52
Tabla 25. <i>Periodos de resonancia.</i>	58
Tabla 26. <i>Dimensiones de la boya oscilante.</i>	60
Tabla 27. <i>Proyecciones de oferta y demanda eléctrica.</i>	61
Tabla 28. <i>Costos de suministro y mantenimiento</i>	62
Tabla 29. <i>Riesgo país en el tiempo en Latinoamérica</i>	65
Tabla 30. <i>Ratio de interés riesgo negocio</i>	65
Tabla 31. <i>Flujo de caja (VAN - TIR).</i>	66

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020.....	1
<i>Figura 2.</i> Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020.....	1
<i>Figura 3.</i> Balance energético del Perú - 2020.	2
<i>Figura 4.</i> Principales medidas del Wavedragon.	10
<i>Figura 5.</i> Dispositivo tipo Aquabuoy – Undimotriz	11
<i>Figura 6.</i> Boya Aquabuoy - Anatomía	11
<i>Figura 7.</i> Diagrama del sistema Pelamis.	12
<i>Figura 8.</i> Dispositivo Undimotriz SDE.	14
<i>Figura 9.</i> Principales de tecnologías Undimotriz en el mundo.	14
<i>Figura 10.</i> Indicador de una onda.....	15
<i>Figura 11.</i> Potencial undimotriz en el mundo Oleaje	17
<i>Figura 12.</i> Variación de la ola para diferentes profundidades.	20
<i>Figura 13.</i> Ubicaciones de convertidores.	21
<i>Figura 14.</i> Sistema Atenuador - Potencia nominal Rango 0.75 MW	22
<i>Figura 15.</i> Generador desbordante, Case Cone, Rango 1 MW.....	23
<i>Figura 16.</i> Generador Wave Dragon, Rango 11 MW.....	23
<i>Figura 17.</i> Absorbedor puntual, Potencia nominal 150 kW.....	24
<i>Figura 18.</i> Generador Undimotriz Oscilante potencia nominal 800 kW.....	24
Figura 19. Clasificación de los convertidores - Tamaño y orientación.	25
<i>Figura 20.</i> Máquina síncrona.....	27
<i>Figura 21.</i> Diagrama de cajas de la investigación.	28
<i>Figura 22.</i> Esquema de ubicación de los mecanismos según longitud de la costa.	36

<i>Figura 23.</i> Mecanismo atenuador.....	36
Figura 24. Mecanismo Absorbedor.....	37
Figura 25. Mecanismo terminador.	37
<i>Figura 26.</i> Mecanismo SPD.	38
<i>Figura 27.</i> Mecanismo OWSC.....	38
<i>Figura 28.</i> Mecanismo OWC.....	39
<i>Figura 29.</i> Mecanismo de desbordamiento.	39
<i>Figura 30.</i> Mecanismo de desbordamiento.	39
Figura 31. Distribución porcentual del oleaje en la zona.....	54
<i>Figura 32.</i> Porcentaje de oleaje característico de la zona.	54
<i>Figura 33.</i> Distribución de presiones según dimensiones en relación a la longitud de onda de ola.	55
<i>Figura 34.</i> Periodo de resonancia según las dimensiones de la boya.	56
<i>Figura 35.</i> Dimensiones de la boya para entrar en resonancia.....	57
<i>Figura 36.</i> Tasas de interés base (Curva IS - LM).....	64
<i>Figura 37.</i> Tasa de riesgo país en Latinoamérica.....	64

Resumen

La Industria de generación undimotriz, es una nueva alternativa energética renovable, no convencional, con mucho futuro, pues su mayor factor de planta, debido a la mayor presencia horaria de las olas, durante el día y la noche, la regularidad de la intensidad de su entrega energética, los hace mucho más estable en sistemas interconectados nacionales, para reemplazar alternativas de generación eléctrica, como la térmica a petróleo Diésel, térmica a carbón , térmica a gas Natural, tanto en ciclo simple, como en ciclo combinado, con mucha mayor eficiencia de rampa eléctrica que las alternativas Eólica, solar fotovoltaica, entre otros.

En cuanto a los objetivos específicos tenemos que determinar cuáles son las tecnologías vigentes de generación undimotriz aplicables al Perú en General y a la costa de Piura y Tumbes, con las tecnologías de boyas flotadoras, serpentines de aprovechamiento entre otros y su posibilidad de aplicarlas a las Regiones Tumbes y Piura, también analizaremos el potencial undimotriz, de las Regiones Tumbes y Piura y sus restricciones aplicando los conocimientos adquiridos sobre la zona y las tecnologías vigentes en generación undimotriz. Diseñaremos las principales características del sistema de generación undimotriz para las Regiones Tumbes y Piura de tal manera que se permita evaluar la factibilidad técnica y económica de los sistemas de generación undimotriz, es decir su viabilidad de su sistema ante unos ingresos por venta marginal de energía eléctrica y potencia eléctrica, frente a una inversión en canales, boyas flotantes, mecanismos de conversión de energía, y gastos de operación y mantenimiento de acuerdo a lo recomendado por los fabricantes.

Palabras clave: Generación undimotriz, boyas, energía por onda, eficiencia, potencial energético.

Abstract

The wave power generation industry is a new, non-conventional, renewable energy alternative with a great future, since its greatest plant factor, due to the greater hourly presence of the waves, during the day and at night, the regularity of the intensity of their energy delivery makes them much more stable in national interconnected systems, to replace electricity generation alternatives, such as thermal oil diesel, thermal coal, thermal Natural gas, both in simple cycle, as in combined cycle, with much greater electric ramp efficiency than alternatives Wind, solar photovoltaic, among others.

Regarding the specific objectives, we have to determine what are the current wave generation technologies applicable to Peru in General and to the coast of Piura and Tumbes, with the technologies of floating buoys, utilization coils, among others, and their possibility of applying them to the Regions. Tumbes and Piura, we will also analyze the wave power potential of the Tumbes and Piura Regions and their restrictions by applying the knowledge acquired about the area and the current technologies in wave generation. We will design the main characteristics of the wave power generation system for the Tumbes and Piura Regions in such a way that it is possible to evaluate the technical and economic feasibility of the wave power generation systems, that is, its viability of its system in the face of marginal income from the sale of electricity, and electrical power, against an investment in channels, floating buoys, energy conversion mechanisms, and operating and maintenance expenses as recommended by the manufacturers.

Keywords: Wave power generation, buoys, wave energy, efficiency

I INTRODUCCIÓN.

Actualmente, el mundo está pasando por una transición energética por el uso de productos derivados del petróleo (a base de carbón) a fuentes de energía renovables, esto para reducir la contaminación por CO₂. Todos los países del mundo se han unido mediante acuerdos y programas, como es el caso del Acuerdo de París del año 2015. Las energías disruptivas (renovables no convencionales) y el almacenamiento de energía, son dos aspectos claves para la transición energética en conjunto con la generación distribuida. Sin embargo, el problema recae en las fuentes que se utilizan para los sistemas eléctricos, los sistemas de calor y el transporte, (TWENERGY, 2019).

Dentro de la matriz energética mundial, América Latina y El Caribe (ALC) representa solo un 5.79% de generación total de energía. El balance energético por fuente del ALC, indica que el 36.22% de la energía generada es térmica no renovable. Esto se presenta en la figura siguiente, (OLADE, 2020).

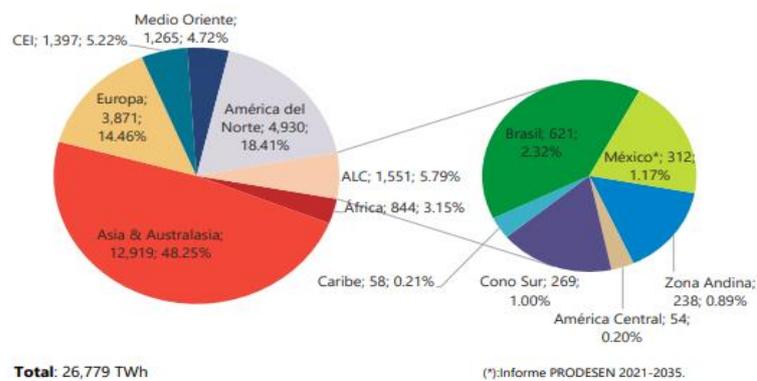


Figura 1. Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020

Fuente: SIELAC – OLADE (2020).

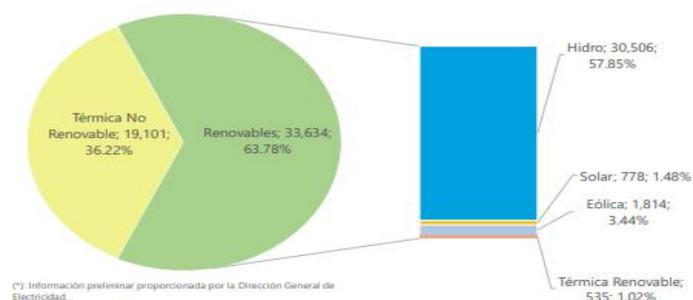


Figura 2. Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020

Fuente: SIELAC – OLADE (2020).

Realidad Nacional.

Analizando la matriz energética del Perú en el año 2019 (figura 2), la mayor cantidad de consumo energético proviene de las energías por derivados del petróleo, la que se usa para refinería, productos, importación, transporte y generación eléctrica. La generación hidroeléctrica solo representa el 13% del consumo energético del país, y este es dentro de la matriz eléctrica más del 50%. (SIELAC - OLADE, 2019).

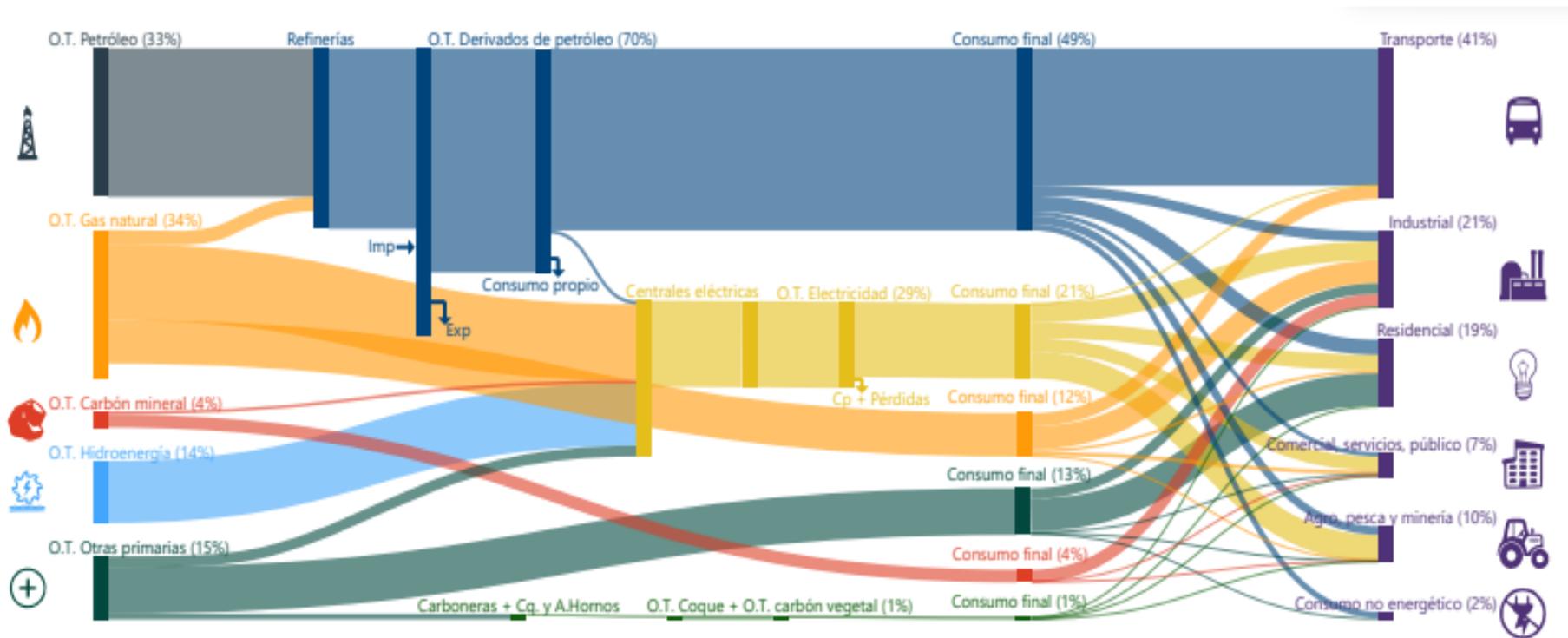


Figura 3. Balance energético del Perú - 2020.

Fuente: SIELAC – OLADE (2020).

Por otro lado, otro problema es la distribución de energía. La calidad del servicio público en la distribución de energía en los departamentos de Piura y Tumbes, ha sido calificada como mala por el 47.3% de los consumidores y 14.5% presentaron quejas por fallas en la red de baja tensión; en cambio se reportó una mala calidad del 0.2% y fallas del 27% en la red de media tensión. Esto sumado a que la demanda máxima crece cada año y las pérdidas por distribución y transmisión son el 14.25%, (ENOSA, 2021), debido a estas causas se realiza la formulación del problema central ¿Existirá potencial de generación de energía Undimotriz en las regiones de Tumbes y Piura, para alimentar al sistema interconectado, que tecnologías podrán ser utilizadas?. Teniendo como justificación que este proyecto de investigación es útil porque implica el desarrollo de una tecnología de generación eléctrica que sea limpia y que no contamine el medio ambiente. Este tipo de energía no implica la combustión de combustibles, tampoco contamina el ambiente con ruido y no emite gases de efecto invernadero. En base a las estadísticas, este informe busca dar una solución a los problemas eléctricos dados por el servicio público de energía, cómo aumentar la calidad del servicio y reducir las pérdidas de la transmisión, analizando el potencial de las olas en las playas de Tumbes y Piura para generar electricidad. Asimismo, este trabajo de investigación tiene trascendencia social debido al beneficio que obtendrán los pobladores de donde se va a realizar el estudio y si en algún momento dado se invierte en una central, pues la población y las ciudades portuarias cercanas y en constante crecimiento se beneficiarían de este proyecto utilizando la energía eléctrica que se genere, tratándose de una energía limpia (mar) e inagotable lo cual no presenta contaminación a la perspectiva ni al medio ambiente que sea significativa para la población.. Además, servirá para próximas investigaciones relacionadas al estudio del potencial energético de las olas. Nuestro objetivo general es analizar el potencial energético Undimotriz para generación eléctrica en las Regiones de Tumbes y Piura, para alimentar al Sistema Interconectado y qué tecnologías podrían ser utilizadas y como objetivos específicos tenemos que determinar cuáles son las tecnologías vigentes de generación undimotriz y su posibilidad de aplicarlas a las Regiones Tumbes y Piura, también analizaremos el potencial undimotriz, de las Regiones Tumbes y Piura y sus restricciones aplicando los conocimientos adquiridos sobre la zona y las tecnologías vigentes en generación undimotriz.

Diseñaremos las principales características del sistema de generación undimotriz para las Regiones Tumbes y Piura de tal manera que se permita evaluar la viabilidad técnica y económica de los sistemas de generación undimotriz señalados. Como hipótesis de la presente investigación ¿Existe potencial de generación de energía Undimotriz en las regiones de Tumbes y Piura, para instalar y operar Plantas Generadores que alimenten al Sistema Interconectado, que tecnologías podrán ser utilizadas?

II MARCO TEÓRICO.

Antecedentes Internacionales.

(Roy, 2021) en su «artículo manifiesta que la generación de energía de las olas profundas se considera seriamente como una opción viable en las cercanías marinas, la disparidad estacional de la potencia media, así como la variabilidad de la energía de corta duración, son de interés en el contexto de la selección de sitios y tecnologías. La experiencia pasada con una instalación de energía undimotriz en tierra no ha sido del todo alentadora, lo que justifica una buena preocupación por los dos aspectos. Este documento tiene como objetivo formular expresiones analíticas de forma cerrada para la generación de energía media de corta duración y la variabilidad asociada que pueden emplearse convenientemente para estimaciones previas de las dos medidas con referencia a sitios de instalación prospectivos y tecnologías de convertidor de energía undimotriz (WEC). Concluyendo que las fórmulas evolucionadas pueden servir como apoyo útil en la etapa de planificación de proyectos y evaluación de recursos, así como para el análisis general de la viabilidad de la generación de energía marina.»

(Garcia-Teruek, 2021) en su artículo, indica que reducir el costo total financiero de los transformadores de energía de las olas es clave para el avance de la tecnología. Los costos asociados con la estructura del dispositivo muestran el mayor potencial para lograr esta reducción. Por esta razón, se han realizado muchos estudios de optimización de la geometría del casco en los últimos 20 años, con el objetivo de encontrar formas mejoradas del casco, que maximicen la generación de energía y minimicen los costos. Estos estudios se han realizado para diferentes tipos de dispositivos, aplicando una serie de algoritmos de optimización y representando la generación de energía y los costos con diversas estrategias. La definición del problema de optimización y el uso de las estrategias más adecuadas es clave para un proceso de optimización exitoso, que proporcionará resultados significativos y apoyará el diseño del dispositivo en las primeras etapas de desarrollo. Este documento tiene como objetivo examinar enfoques diferentes, con miras a destilar las principales conclusiones y las mejores prácticas; formular recomendaciones basadas en ellas.

(Subekti, Parjiman, Hanifah, 2020), En su artículo lleva a cabo el diseño de plantas de energía híbridas de olas marinas combinando el poder energético de las olas y del viento. El poder energético de las olas del océano se convierte en la energía hidráulica a presión para rotar turbinas conectadas a generadores de corriente continua, mientras que la energía eólica utiliza turbinas eólicas conectadas a generadores de corriente continua, las energías producidas por ambos mejorarán las fluctuaciones en la energía eléctrica. utilizando métodos de investigación y desarrollo, la unidad de generación de energía undimotriz consta de un amortiguador, un pistón y válvulas de cilindro, entrada y salida, depósitos, turbinas y generadores de corriente continua, mientras que la energía eólica consiste en unidades de aerogeneradores, engranajes y generadores de corriente continua. La energía eléctrica generada por las dos unidades se combina en el módulo de control. Esta investigación produce energía que es bastante estable y es muy adecuada para ser utilizada como suministro de energía eléctrica.

(Jafari, 2018), en su tesis nos indica que, muchos investigadores están interesados en la investigación de la conversión del poder energético de las olas oceánicas (OWEC), porque la generación con este dispositivo se considera energía renovable y limpia. Un nuevo convertidor de energía undimotriz llamado "Searaser" fue inventado con nueva tecnología en 2013. La finalidad es investigar la capacidad del programa Flow-3D en la representación de este transformador de energía. Para confirmar los resultados, se realizó una comparación entre estudios numéricos y experimentales, y los resultados mostraron que existe una buena consistencia en el movimiento de la boya. En esta investigación, el transformador de energía de olas se simuló dentro de un tanque de olas que incluye agua. Además, las ecuaciones de Reynolds Averaged Navier-Stokes se combinaron con la representación de volume of fluid (VOF) para producir ondulaciones de propagación con trayectoria lineal de algoritmos tridimensionales, así como para resolver el flujo de fluidos. Las proximidades de presión y velocidad se mostraron en el instante que la ola pasó por la boya. Aunque se utilizan diferentes métodos para la generación de malla de dominios sólidos y fluidos en este software, concluyendo que la capacidad del programa Flow-3D para representar los problemas de acción de la estructura fluida (FSI), incluidos los

movimientos de onda. Sin embargo, se necesitan más estudios paramétricos para ilustrar más detalles sobre la generación de energía de este convertidor de energía.

(Chen, 2017), En su tesis, manifiesta que la energía total giga eólica, undimotriz y solar se pueden utilizar para satisfacer la demanda de suministro de energía. Sin embargo, la densidad de energía de estas fuentes de energía renovables es baja y la estabilidad es pobre, lo que puede causar inestabilidad en el suministro de energía. Para hacer frente a este problema, tiene como objetivo introducir un sistema de energía híbrida multiejetiva basado en la energía undimotriz y eólica para mejorar la estabilidad y calidad de la energía. Basado en el poder energético de las olas y el viento, en este documento se establece un sistema de energía híbrida multiejetiva, y se analizan y deducen todo el modelo del sistema y la estrategia de control del generador eólico y el generador de olas de accionamiento directo y la estrategia de control del inversor del lado de la red. Los resultados muestran que la energía eólica y las energías de las olas se pueden utilizar para generar electricidad, la potencia de salida es estable y se logra un seguimiento de la energía. En cuanto a los incentivos por políticas macroeconómicas de los gobiernos, debemos de tener en cuenta, en el caso de Colombia:

Los sistemas de conversión de energía oceánica han recibido mucha atención mundial últimamente, debido a la creciente demanda de energía. Además de la existencia de varios sistemas de producción, es necesario emprender nuevas formas de obtención de energía, sin un modelo económico claro. En Colombia, existe la Ley 1715 de 2014, que regula la inserción de energías no convencionales a la matriz nacional.

Para el caso de Estados Unidos, los factores económicos que influyen en el uso de la energía undimotriz para producir electricidad son diferentes, uno de los cuales es el tipo de incentivos que tienen el cual se muestra en la tabla 1 a continuación, junto con una breve descripción:

Tabla 1. Resumen de factores económicos e incentivos.

CATEGORÍA INCENTIVO	INCENTIVO	BREVE DESCRIPCIÓN
INCENTIVOS ELECCIÓN DEL CLIENTE	Normas de cartera de renovables (RPS) - Créditos Comerciales de Energía Renovable (TREC)	Se observa que por todo kWh unitario, para lograr el cumplimiento de los RPS, se usan las energías renovables de proveedores.
	Utilidad programa de precios verde	Normas para determinar política de precios especiales, gestionados en los servicios públicos en el uso de las energías renovables.
INCENTIVOS MONETARIOS INDIRECTOS	Tarifas fijas	Lograr que el regulador Osinergmin, logre la promulgación de leyes y normas, para que sea obligatorio que los concesionarios de distribución adquieran un porcentaje de energía de las fuentes ERNC.
	Incentivo a la producción directa	Las normas determinan que el pago por energía y potencia que reciben del COES, los generadores renovables tengan relación directa con las entregas de energía.
	Incentivo a la inversión directa	Se establecen líneas de crédito a bajos intereses y largos periodos de devolución para los generadores de ERNC.
INCENTIVOS MONETARIOS DIRECTOS	Crédito fiscal a la producción	Los escudos fiscales para el pago de impuestos a la renta e IGTV, se establecen en relación directa con la cantidad de energía producida.
	Crédito fiscal a la inversión	Se financia directamente el CAPEX, al inicio del proyecto energético renovable.
	Las ventas estatales y locales de reducción de impuestos	Se comprueba que la reducción de la presión tributaria, disminuye el costo total nivelado durante toda la vida útil del proyecto.
	Reducción de impuestos a la propiedad	En medios en que el costo de oportunidad de la propiedad de la tierra es muy alto, reducciones de los impuestos prediales no empresariales.
	Programa de depreciación acelerada	Los esquemas de depreciación de activo, permite mejores flujos de efectivo y una reducción de costo nivelado de la energía.
FINANCIACIÓN DE LA DEUDA DE BAJO COSTE	Préstamos subsidiados por el gobierno	Tasas de interés por el capital, deben disminuir para lograr y apalancar procesos que de otra manera no serían viables en el tiempo.
	Garantías de préstamos Proyecto	La disminución de la tasa de interés tiene relación con la disminución de riesgo de recupero del préstamo, esta disminuye si se cuenta con el aval del estado a través de acciones de gobierno.

Fuente: Elaboración propia

De cualquier manera, parece que hay organizaciones gubernamentales detrás de estos incentivos, ya que es importante que ambos países encuentren formas de satisfacer sus necesidades energéticas actuales. Pero para hablar de implementar la energía eléctrica en base a la acción de las olas, tenemos que ver cómo se puede generar este tipo de incentivo en Colombia.

En un artículo del IEEE, (Wave, 2019) notamos cómo se aborda este tipo de producción desde la perspectiva económica y cómo se compara con otros tipos de producción, donde antes de la prioridad hay una clasificación de incentivos bidireccional (Tabla 2 y 3) que se pueden ver a continuación:

Tabla 2. Clasificación de los incentivos para renovables - I

Incentivo energía renovable	Oferta mercado	Demanda mercado
Ratio de producción y crédito.		X
Costo, programa verde ganancia.	X	
Ratio de venta y productividad.	X	
Propiedad y razón de formalidad.		X
Préstamo de gobierno apalancado.		X
Garantes y préstamos de proyectos.		X
Crédito e inversión de préstamos.		X
Diversificación cartera – préstamos para energías renovables	X	
Costo tarifario fijos		X
Apalancamientos directos de fabricación.		X
Apalancamiento directo de Capex.		X
Depreciación rápida en operaciones.		X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Clasificación de los incentivos para renovables - II

Incentivo energía renovable	Incentivo directo de efectivo	Incentivo indirecto de efectivo	Financiamiento debito de bajo costo	Elección del cliente
Ratio de fabricación y préstamo.		X		
Ecología, precio, volumen y ganancia.				X
Tasa de ventas optimizadas.		X		
Ratio de riesgo de propiedad.		X		
Ratio de préstamo de gobierno.			X	
Préstamo y finanzas para proyectos.			X	
Ratio de crédito para riesgos.		X		
Estándar de ERNC – vía préstamos.				X

Fuente: Elaboración propia.

Principales tecnologías undimotriz, utilizadas en la actualidad en el Mundo, donde debemos de destacar:

Wave Dragón.

Este es un mecanismo de desbordamiento, que abarca una rampa de corriente curva y dos estructuras reflectantes, que son utilizados para enfocar la energía en la cuenca del derrame. Muchas turbinas Kaplan corregidas, vinculadas directamente a generadores de energía de imanes permanentes, los cuales se usan

en el desvío de agua de carga baja. La potencia generada depende del clima de la ola, oscilando entre 4 y 11 MW. Hoy en día, es el dispositivo más grande en desarrollo. La unidad está fijada por una línea de amarre suelta y se puede girar para siempre mirar hacia la dirección de la ola, (Medel , 2018).

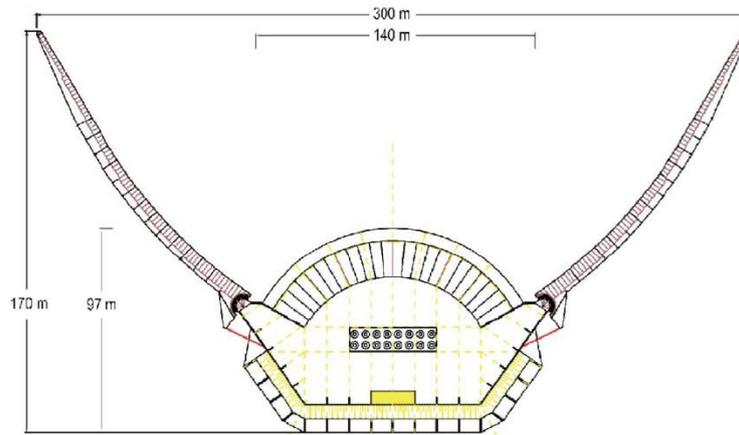


Figura 4. Principales medidas del Wavedragon.

Fuente: wavedragon.net

Otro de las alternativas modernas es el Aquabuoy el cual es un mecanismo que emplea el principio de aspiración puntual por interacción de flotación libre con una columna de agua debajo de él. Este eje de reacción acciona un conjunto de émbolos que acciona un mecanismo hidráulico de acero reforzado, lo que aumenta la presión del agua. El uso de un acumulador de alta presión puede facilitar el potencial y el flujo que se hace a la turbina. La red de energía se sincroniza a través de un actuador de velocidad variable y el uso de transformadores escalonados para el grado de tensión adecuado. La figura 5 muestra la estructura anatómica de la boya, en la que se pueden evaluar sus componentes principales: la boya actúa como una boya; La turbina se coloca en la boya; tubo del acelerador, que permite que el agua fluya en ambos extremos hacia adelante y hacia atrás, lo que obliga al pistón a moverse; A medida que el pistón se mueve al hacer circular el agua, comprime y expande las bombas peristálticas y los cables de tierra, lo que permite la transmisión de electricidad



Figura 5. Dispositivo tipo Aquabuoy – Undimotriz

Fuente: WAVE ENERGY: Aquabuoy 2.0 Wave Power Generator

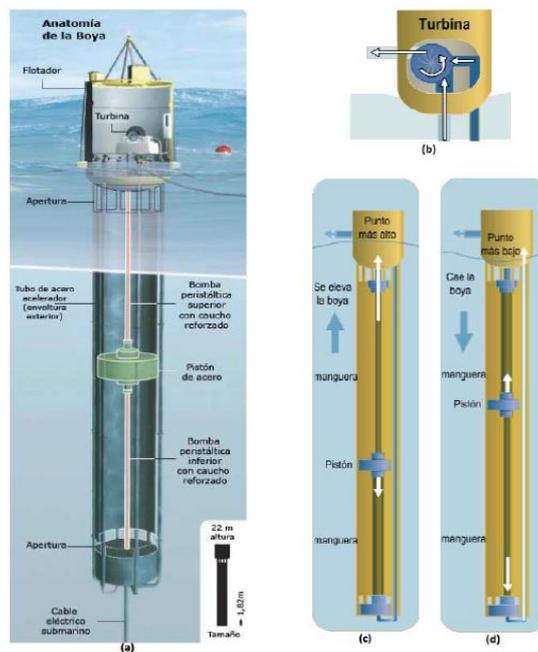


Figura 6. Boya Aquabuoy - Anatomía

Fuente: WAVE ENERGY: Aquabuoy 2.0 Wave Power Generator

El diseño del colector de energía puede ser un método de un recorrido abierto o cerrado. La principal limitación es el desgaste que tiene a medida que pasa la ola, lo que reduce su rendimiento. Los cascos de apoyo son estructuras de acero que se pueden construir localmente aplicando conocimientos de construcción comunes aptos en la mayoría de los astilleros. Esta armadura se extiende unos 30 m. bajo el

agua, por lo que se necesita una profundidad mínima del agua de unos 50 m, (Previsic, 2017).

Pelamis.

Consiste en un dispositivo semi-sumergible semi-flotante que consta de cuatro secciones cilíndricas conectadas por bisagras para permitir la maniobrabilidad. El movimiento provocado por la onda en las articulaciones de la unidad Pelamis es contrarrestado por cilindros hidráulicos, que envían aceite a alta presión a los actuadores hidráulicos a través de acumuladores. Este dispositivo hidráulico es responsable de accionar el generador de inducción para producir electricidad, la potencia total del mecanismo es de 750 kW. La energía para todo el complejo se lleva al fondo del mar mediante un solo cable, lo que permite conectar varios dispositivos, utilizando un solo cable submarino a la orilla. (RBI Engineers, 2017).

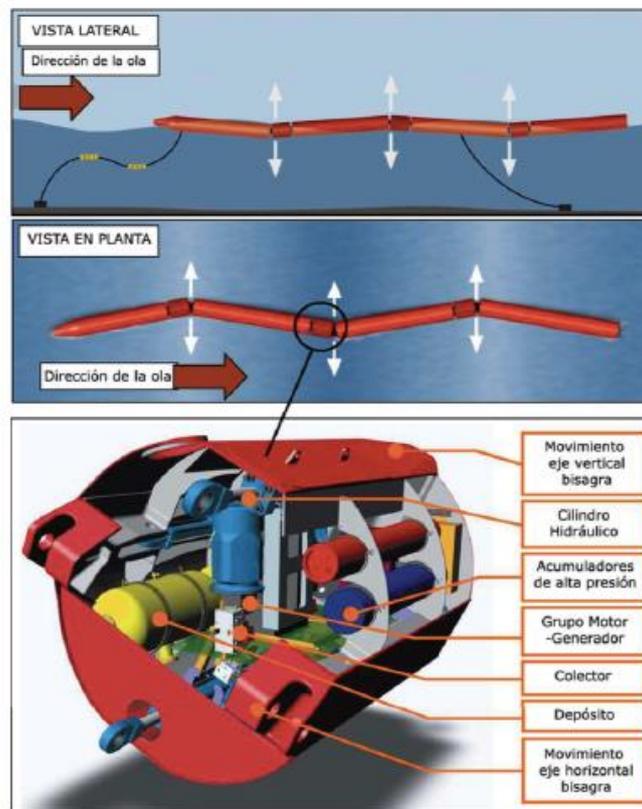


Figura 7. Diagrama del sistema Pelamis.

Fuente: (RBI Engineers, 2017).

La Figura 6 demuestra el equipo Pelamis tanto en el frente como en el suelo, así como el diseño físico del sistema de cambio utilizado. El chasis tiene 150 m de largo, 3,5 m de diámetro y tiene tres unidades de transformación libres. Operando

a presiones que van desde un mínimo de 1450 a 5076 PSI, cada unidad contiene un par de generadores de tres polos 3Ø de 125 kW 415 / 690 V 50 / 60 Hz. Este mecanismo tiene una configuración particular en las articulaciones para incitar una reacción resonante que brinda el aumento de potencia obtenido en mares de menor escala. El sistema de control de suspensión aplicado a las juntas permite aumentar esta reacción resonante en mares menores donde la eficiencia del receptor debe ganar el máximo provecho, o permite reducir la carga y el transporte en las circunstancias actuales. Por lo tanto, el equipo se puede diseñar para que coincida con la respuesta de resonancia y la frecuencia de onda fundamental del sitio en el que está instalado, reduciendo así la potencia reactiva requerida.», (Bravo N. , 2008).

En el método SDE, emplea balsas flotantes en el océano, este movimiento genera en los pistones presión hidráulica, que se acumula y se dirige a un mecanismo hidráulico que impulsa un generador de energía por inducción. Este método puede presurizar el movimiento en ambas direcciones, aprovechar las corrientes de velocidad, altitud, profundidad, subida, bajada y retorno de las olas, generando energía de forma más eficiente y rentable en comparación a otras tecnologías convencionales que requieren grandes superficies. Se corrió un modelo a escala en Israel, produciendo a una tasa de 40 kWh durante 8 meses.

Esta tecnología fue desarrollada para proteger áreas ribereñas expuestas a grandes olas, así como para utilizar la energía de las olas. Para ello, el área debe tener aproximadamente 5 m. de profundidad, con oleaje templado y una playa útil a menos de 300 m de longitud.

La balsa tiene unos 4 metros de ancho y 5 metros de largo, con la ola activa más alta que varía de 0,8 a 4 metros y un límite de olas de 8 metros. Tiene un sistema de protección sumergiendo el pozo y las placas colectoras, evitando así olas que superen el límite especificado, (Enermark Ltda, 2017).



Figura 8. Dispositivo Undimotriz SDE.

Fuente: (Enermark Ltda, 2017)

Aunque los mecanismos precedentes son sólo los más comunes que tenemos en la actualidad, debemos recordar que la energía de las olas nos ofrece diversidad de posibilidades para utilizar todo el potencial del mar. Luego se agregó un sumario con más proyectos alrededor del mundo, clasificados según su ubicación, cómo reciben energía y su tamaño. Ver Figura 9.

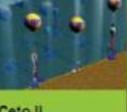
	OWC	Efecto Arquimedes	Cuerpo boyante individual	Cuerpo boyante múltiple	Rebosamiento	Impacto
Offshore	 OE Buoy Ocean Energy (IRL)	 AWS AWS Ocean (UK)	 PowerBuoy OPT (USA)	 Pelamis PWP (UK)	 Wave Dragon Wave Dragon (DK)	
Nearshore	 Oceanlinx (AU)	 Ceto I REH (UK)	 Ceto II REH (UK)	 WaveStar Wave Star (DK)		 Oyster Aquamarine (UK)
Onshore	 Limpet WaveGen (UK)				 SSG WAVEenergy (NO)	
						

Figura 9. Principales de tecnologías Undimotriz en el mundo.

Fuente: Energía renovable (Offshore Renewable Energy | IntechOpen)

Nacional

(Neira,Roque , 2020) En su tesis, pretende “diseñar un modelo de olas para optimizar la provisión de energía eléctrica de la playa Costera - Huanchaco desde un enfoque de aplicación de transformación descriptiva que implica emplear una encuesta estrechamente relacionada a la sociedad de esa ubicación para ver el modelo de visualización, análisis del comportamiento de las olas de Huanchaco y sus parámetros como cota y período de ola Se determina el presupuesto de instalación y evaluación asimismo, se encuentra la demanda energética generada por el modelo y la capacidad requerida para las instalaciones estimaron en esta tesis y como resultado 80% de la sociedad han expresado su aprobación de este tipo de energía renovable y se ha demostrado que el flujo energético y la energía total son apropiados debido a la cota de ola en Huanchaco y la cota de ola en Argentina, según este estudio, varía de 1 m a 2 m. El diseño genera una potencia de 30 kW por boya. En conclusión, el estudio de este proyecto indica que la energía de las olas puede generar electricidad y que el proyecto es factible. "En cuanto a teorías, relacionadas debemos de tener en cuenta: Características de las olas en la costa de Piura y Tumbes, con base en la teoría de estudios previos.

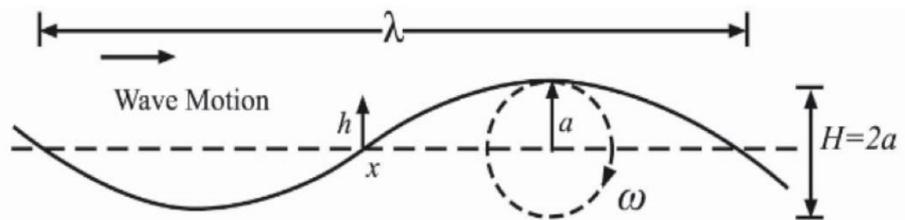


Figura 10. Indicador de una onda.

Fuente: (Neira, Roque, 2020)

La desigualdad de cota entre la cresta y el valle es la cota de la onda H y el ancho, la mitad de la cota; La distancia de onda λ es la extensión entre dos picos sucesivos y es la frecuencia angular expresada en la ecuación (Brooke, 2017).

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

T = Periodo de la onda.

Otro indicador de las ondas es su velocidad, también se le conoce como ratio de fase, que es la celeridad a la que viajan las olas.

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2)$$

La velocidad de fase varía según la profundidad del mar por la que pasa la ola, para aguas hondas (donde el fondo es mayor que la mitad de la distancia de onda la celeridad de fase es:

$$c = \frac{g}{2\pi * T} \quad (3)$$

En lugares donde el fondo del agua de mas es inferior a 1/20 de la longitud de onda (o alargo de onda amplificada por 0.05), como es el caso de aguas poco profundas, la celeridad de fase es:

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (4)$$

Donde la aceleración gravitatoria es g ($9.80665 \frac{m}{s^2}$) y H es el pico de la ola, y cuando el hueco del mar es más de la mitad de la longitud de onda y menos de 0.05 veces la longitud de onda, el área del agua de la ola es la fórmula intermedia, la ecuación para la celeridad de fase de las olas en estas aguas McCormick, Ertekin C, (2018).

$$c = \sqrt{\frac{g}{k} \tan H (kH)} \quad (5)$$

Donde:

H = Ola en Cresta.

g = Aceleración de la gravedad.

k = Olas y su cantidad.

Cuantificar el potencial energético de las olas en las costas de Piura y Tumbes.

El potencial relativo de las fuentes de energía disponibles en las olas del océano en todo el mundo es aproximadamente 2700 GW (Engstrom, J, 2019) y la energía total disponible para su uso es de aproximadamente 500 GW. La energía total de

las olas que afectan las costas del mundo en el área del océano se estima en alrededor de 2.11 TW, (Gunn K & Stock_Williams, 2017) según estudios, en el océano pacifico cerca del litoral de Perú en Piura, el promedio anual el nivel de energía de las olas varia de 10 a 20 kW/m, como se puede ver en la figura:



Figura 11. Potencial undimotriz en el mundo Oleaje

Fuente: For a Better University: Energía undimotriz - Energía de las olas (manuelricosecades.blogspot.com)

Las ecuaciones que se presentan a continuación se eligieron en base a una aproximación del comportamiento del oleaje en el área de demarcación de las costas de la región Piura y Tumbes, tomando en cuenta variables como su gran altura y duración. Estas fórmulas también se pueden utilizar para determinar el potencial al menos en las orillas del Mar de Grau.

En una ola ideal, donde la altura y la duración de la ola son constantes, la energía de la ola se puede calcular mediante la siguiente ecuación Duckers, (2017).

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad (6)$$

Dónde:

P = Energía/Tiempo (W).

ρ = Peso específico del agua de mar $1.025 \frac{kg}{m^3}$

g = Aceleración de la gravedad ($9.8 \frac{m}{s^2}$).

T = Ola y frecuencia (s).

H = Cresta de la ola media.

Sin embargo, una condición típica del mar generalmente consiste en olas de diferentes alturas, duraciones y direcciones. Para mares agitados, se calcula la energía total promedio de las olas, Muñoz, (2018).

$$P = kH_s^2T_e \quad (7)$$

Se tiene que k se comporta como una constante determinada por la fórmula siguiente:

$$k = \frac{\rho g^2}{64\pi} \quad (8)$$

Donde:

ρ = Peso específico de agua de salada ($1025 \frac{kg}{m^3}$).

g = Aceleración de la gravedad ($9.80665 \frac{m}{s^2}$).

π = Pi, número adimensional igual a 3.1416.

k = Valor fijo.

Conociendo los valores, solo es necesario determinar el valor de k y cambiarlo para que la igualdad de la energía undimotriz sea:

$$P = 490.27 H_s^2T_e \approx 0.49H_s^2T_e \quad (9)$$

Donde:

P = Energía de movimiento de la ola expresada en kW/m.

H_s = Cresta representativa de la onda y ola.

T_e = Fracción de tiempo en segundos.

H_s : Altura promedio de un tercio de las olas más altas en el conjunto de olas en consideración.

Este valor está cerca de la altura que un observador de barco reportaría al examinar la condición a simple vista, ya que este observador toma en cuenta las olas más pequeñas y de menor visibilidad. El ciclo de energía T_e , es el período promedio de la onda con respecto al espectro de distribución de la transmisión energética de las olas, (Williams, 2015).

El mar real contiene olas de altura, duraciones y direcciones aleatorias. Durante un corto período de tiempo, las propiedades del mar real no cambian, formando así el estado del mar. Obtenido mediante instrumentos que cuantifican las características de las olas como las boyas oceanográficas o las llamadas boyas de olas (Cooper, 2017).

En cuanto a las tendencias tecnológicas que aprovechan la energía de las olas en la actualidad, debemos de mencionar:

todo el planeta, lo que crea ráfagas de aire sobre la extensión del océano y, por lo tanto, provocan olas.

En la actualidad existen más de 1000 mecanismos patentados para aprovechamiento de la energía undimotriz, el más utilizado es la tecnología mediante la cual se equipan turbinas en el lecho marino conectadas a boyas que transmiten el movimiento de las olas a las turbinas, para generar electricidad. Otro sistema de uso común que consiste en máquinas de flotación articulada que consume la energía generada por el movimiento transmitido entre estas partes se conoce como "anguilas marinas". También existen dispositivos instalados en las profundidades del mar, que oscilan bajo la influencia de las olas entrantes., (Morales, 2016).

Al realizar el análisis cinemático y dinámico del movimiento de las olas, hay que tener en cuenta: cuando la ola se aproxima a la orilla, pierde celeridad y longitud de onda, pero crece con la altura, gran parte de la energía se desaprovecha debido a la fricción del fondo del mar, por lo que solo una porción de ella llega a la costa. Las ondas se mueven, pero las moléculas de agua no se mueven, sino que se mueven en una trayectoria elíptica o circular. Si no existiese suficiente profundidad, el fondo que puede afectar el desplazamiento vertical de las órbitas será elíptico y si la profundidad es demasiado pequeña, el movimiento vertical está completamente impedido y las trayectorias de las partículas serán las líneas horizontales. Este movimiento oscilante es más significativo en la superficie y disminuye exponencialmente con la profundidad (donde h es la profundidad), Wave (Energy AS, 2018).

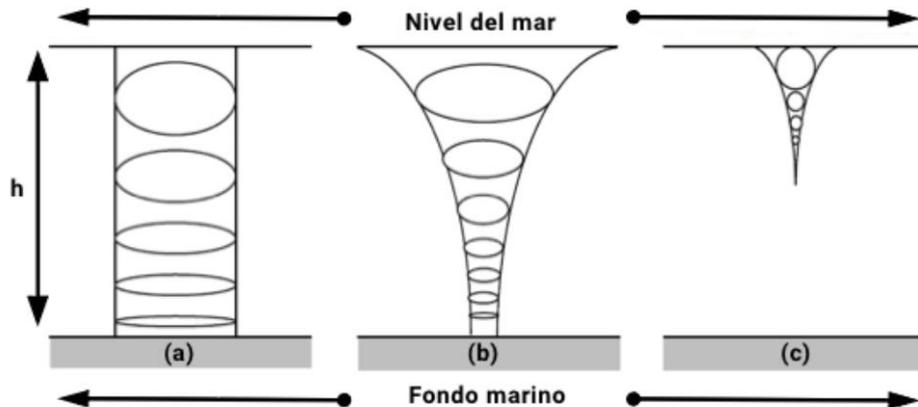


Figura 12. Variación de la ola para diferentes profundidades.

Fuente: (Energy AS, 2018).

Clasificación de las Tecnologías Utilizadas

El vaivén de las olas se puede transformar en energía mecánica y luego en eléctrica utilizando sistemas adecuados. Los transductores de ondas en la literatura se denominan a menudo dispositivos WEC, abreviatura de transductores de ondas.

Los transductores de olas ya instalados en la costa, cerca del mar o en el mar, también se instalan individualmente o en el orden de varios mecanismos. La elección de la tecnología está determinada por la topografía del área, los recursos disponibles y/o las necesidades energéticas. Las tecnologías existentes se pueden clasificar en diferentes categorías, que pueden ser:

Una de las más empleadas es la clasificación que identifica la longitud a la orilla donde se encuentra el dispositivo. Para ellos, tenemos tres posibilidades.

Onshore.

Estos mecanismos están en la costa y pueden utilizar los rompientes de surf como fuente de generación. A menudo están amarrados en la orilla, lo que los hace más fáciles de mantener y menos costosos de instalar. Sin embargo, son los que más sufren el desgaste por permanecer expuestos al viento y las olas. El potencial de esta energía también es ligeramente inferior al potencial marino.

Nearshore.

Se encuentra aproximadamente a 500 metros del litoral, con una profundidad de 20-30 m. En este punto, lo que se utiliza es la celeridad de la onda.

Offshore.

Estos dispositivos están ubicados en mar abierto, a mayores profundidades. La mayor ventaja de este dispositivo es su alta ganancia de potencia y las desventajas de que su mantenimiento es más caro; Transmisión más costosa y pérdida significativa de energía durante el transporte, que debe realizarse mediante cables subterráneos, lo que también genera interferencia con el tráfico de agua y la flora y fauna existente.

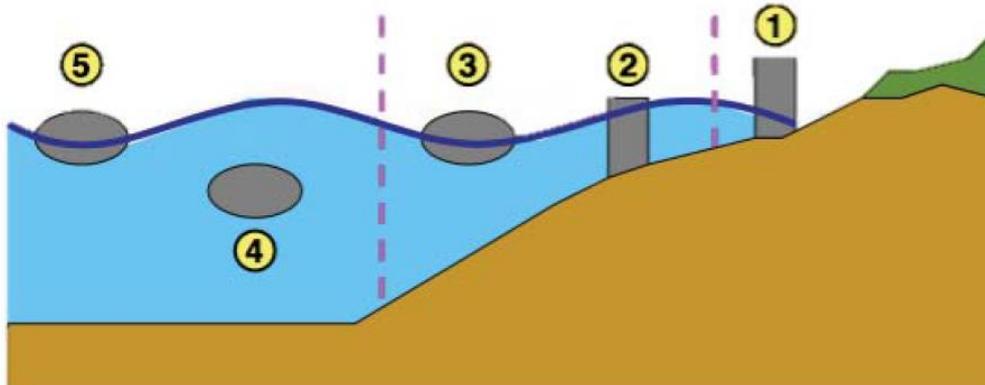


Figura 13. Ubicaciones de convertidores.

Fuente: Energía Undimotriz - Energías Renovables (weebly.com)

Se aprecia lo siguiente:

- (1) se utilizarán equipos de Onshore.
- (2) cerca de la playa.
- (3) flotante.
- (4) Sumergido mar adentro.
- (5) flotante, mar adentro.

Otra forma de clasificar, es de acuerdo a la forma de obtener energía de las olas:

Sistema Atenuador.

El atenuador es un dispositivo flotante capaz de operar en paralelo a la dirección de la onda y adaptarse efectivamente a ella. Estos mecanismos atrapan la energía del movimiento relativo mediante dos estructuras mecánicas estrechamente espaciadas, como el mecanismo Pelamis en la Figura 13, que descansa sobre una estructura articulada con un sistema hidráulico entre sus uniones que acciona el generador". Se considera que la energía obtenida de 30 de estos sistemas puede

alimentar a unas 20.000 viviendas con un consumo medio europeo. Es una ciencia bien establecida comercialmente disponible". (Gabrielli, 2018).



Figura 14. Sistema Atenuador - Potencia nominal Rango 0.75 MW

Fuente: (Gabrielli, 2018).

Dispositivos desbordantes.

Estos mecanismos atrapan energía del frente de onda mediante el uso de un sintonizador para impulsar una o más turbinas hidráulicas de cabezal bajo, llamadas turbinas Kaplan, que aprovechan la potencia energética de las ondas. Existen dos tipos de transformadores: aquellos con un casco o estructura costera y aquellos con casco flotante. Lejos de él. En equipos de casco estacionario, el proceso es similar a las centrales hidroeléctricas. La ola incidente ingresa a un tanque sobre el nivel del mar por una rampa, seguido a ello el agua pasa a través de turbinas acopladas con generadores antes de regresar al mar. Se pueden distinguir entre: SSG (Seawave Slot-Cone Generator), que almacena agua en diferentes mecanismos ubicados a diferentes cotas y utiliza turbinas multietapa. Entre los transductores de estructura flotante, que operan de manera similar a los anteriores, podemos mencionar el transductor danés Wavedragon, que se muestra en la Figura 6, que presenta un espejo de reflexión de la dirección de las olas a lo largo de una pendiente sobre un tanque ubicado a popa sobre el nivel del mar. (Carpena, 2017).

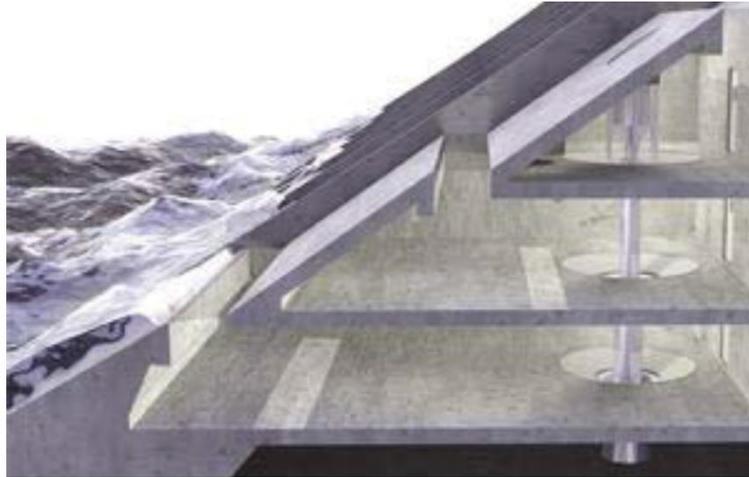


Figura 15. Generador desbordante, Case Cone, Rango 1 MW.

Fuente: (Carpena, 2017).



Figura 16. Generador Wave Dragon, Rango 11 MW.

Fuente: wavedragon.net

Absorbedores puntuales.

Los amortiguadores puntuales son básicamente flotadores alternativos, como un flotador eléctrico, obtienen su energía del movimiento relativo entre el flotador y el mástil a través de un sistema hidráulico, la fuerza motriz del generador. La generación de energía se convierte de baja tensión a media tensión en la subestación submarina, desde donde se transmite por líneas eléctricas submarinas a la subestación en tierra. Entre nuestros otros absorbedores de puntos, los primeros absorbedores de puntos de banda ancha del mundo, llamados IPS Buoy, Aquabuoy, Wavebob. (Romero, 2017).



Figura 17. Absorbedor puntual, Potencia nominal 150 kW.

Fuente: (Romero, 2017).

Generador undimotriz oscilante (OSWEC).

Estos mecanismos suelen tener un extremo instalado al casco o al fondo del mar, mientras que el otro extremo se mueve libremente. La energía se recibe de los amortiguadores de las ondas generadas por el vaivén de las moléculas de agua. El eje de la pala oscila como un péndulo montado sobre una bisagra que oscila con el movimiento de la ola. Suelen presentarse en forma de flotadores, aletas o membranas.



Figura 18. Generador Undimotriz Oscilante potencia nominal 800 kW.

Fuente: Energía marina, noticias y perspectivas - Rinnovabili.it

La clasificación según su tamaño y orientación será la siguiente:

Absorbedores puntuales.

Se trata de estructuras pequeñas en comparación con la onda incidente, suelen tener forma cilíndrica y, por tanto, no les importa la dirección de la onda, normalmente un número agrupado para formar una línea.

Atenuadores.

Se colocan paralelos a la dirección de avance de la onda y son estructuras largas que toman energía gradualmente; Menos propenso a estropearse y requiere menos fuerza de anclaje que los repelentes de termitas

Terminación: se encuentra perpendicular a la dirección de avance de la ola y está destinado a capturar energía de una vez.

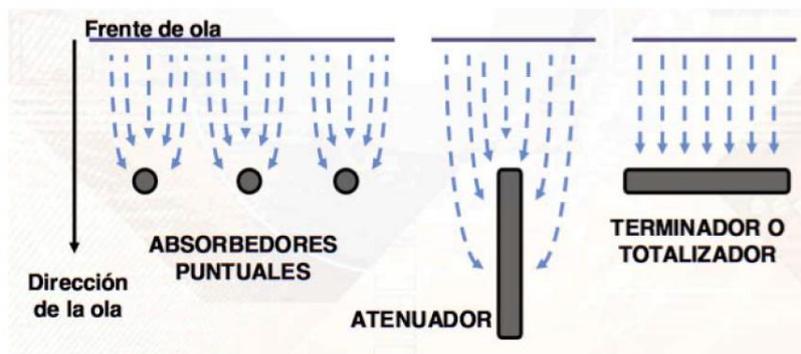


Figura 19. Clasificación de los convertidores - Tamaño y orientación.

Fuente: Energía Undimotriz - Energías Renovables (weebly.com)

Se han llevado a cabo varios estudios en diferentes lugares del mundo debido a las necesidades energéticas y uno de estos países es China donde las boyas se transforman para aplicar ondas con tamaños pequeños y ondas cortas; Como resultado, se hizo un estudio sobre el comportamiento del mar chino.

Equipo de recolección de energía Se beneficia de la agitación de las olas girándola a un sistema hidráulico y, por lo tanto, transfiriendo a la energía eléctrica, toma la fuerza (pelada) vinculada al sistema hidráulico de resistencia del sistema. Uno de los principales problemas de este aparato es el amortiguador hidráulico en el movimiento de las boyas que se ignorarán y la investigación se implementa puede ser un poco desfavorable, en la que se ha logrado un análisis teórico para dar el sistema más común que permite optimizar el Sistemas de este estilo. (Parra, C, E, 2018).

Otro estudio importante se realizó en Irán, un lugar importante para determinar la mejor posición para convertir la energía del mar. Primero, se han probado diferentes tecnologías para aplicarse de acuerdo con los parámetros de estas aguas y obtener el resultado que muestre la resistencia de 15.8 mm con una presa de marea de 3.75 km khowr-e Doragh; En el caso de la absorción de energía de las olas, se pueden especificar tres sitios web (Vining, 2019).

Uno de los otros criterios técnicos se tiene en cuenta, como generador de energía, como transmisor síncrono, dos máquinas asíncronas síncronas y asíncronas con corrientes directas en las que no requieren de corriente continua para operar o no producen energía aquí. El nombre de la máquina síncrona se debe a que está sincronizada con la red. Cuando se conecta en la forma del motor en el sistema, su velocidad del eje depende de la frecuencia de electricidad y también el número de poste y viceversa en el caso de la operación en el transmisor, ya que la frecuencia de las variables eléctricas creadas dependerá directamente de la celeridad donde el árbol giratorio. En estas máquinas, el estator es proporcionado por una corriente alterna cuando actúa como un motor, por otro lado, el rotor tiene una capacidad continua a través de un desplazamiento o un imán permanente para crear flujo magnético de distribución de línea ".

Tecnología UNDIMOTRIZ, Investigación peruana: actualmente, Perú tiene la oportunidad de convertirse en un actor relacionado en los problemas de energía estadounidenses en la energía marina. El mar es una de las condiciones más favorables de todo el mundo, con un alto nivel de valores estimados de ondas y mareas en el Perú, y la dinámica de la economía local. La energía desconocida a lo largo del litoral peruano aumentó de norte a sur y se encuentra a 15 kW / m en el norte a aproximadamente 50 kW / m, los elementos del sur y la fábrica de los proyectos de energía Undimotriz en Perú se encuentran entre los más altos del mundo (50%), debido a la consistencia de las ondas altas. Hay diferentes empresas interesadas en la energía de Perú de Undimotriz.

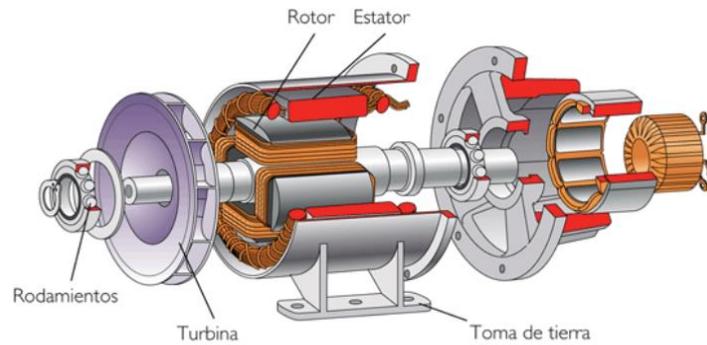


Figura 20. Máquina síncrona.

Fuente: Máquinas eléctricas rotativas – M. Cortez Cherta.

No hay duda de que la idea de desarrollar una matriz energética de bajo consumo de energía con el medio ambiente se vuelve extremadamente atractiva y difícil. Después de eso, se desarrollaron algunos proyectos en la costa de Perú descritos. "Es importante destacar la investigación en la playa de Huanchaco, en la provincia de Trujillo, Libertad, donde, en la cual (Hernández, Fernández, Baptista, 2018) se considera un programa de monitoreo que permite" verificación de artículos en las ubicaciones remotas. Para analizar la ola del mar Huánuco. y obtenga el promedio de sus ondas diarias, el dato de la página de pronósticos de surf ha mostrado datos de la prevención de las ondas, los informes, los informes, desde las ondas y las velocidades y velocidades y velocidades de aproximación y velocidades de aproximadamente 7,000 playas en todo el mundo en unos 15 km, La información proporcionada por este programa es semanal.

Es importante mencionar que se utilizará el índice de ganancias, que muestra que, si el ingreso es mayor que el gasto en un plan de inversión, estos valores son necesarios para conocer su investigación. Soy factible en este tema, cuatro de ellos se han hecho, utilizó la mayoría de las válvulas (valor neto), disparo (ratio de interés a distancia), b/c (costos de rendimiento) y PB (fase de recobro). Si la válvula es positiva, muestra que el plan se beneficiará. Por lo ende, decimos que el proyecto es viable. Por otro lado, la disposición es la ratio de descuento que les permite invertir 0. Cuando la ratio de descuento sea menor, asegúrese de que el beneficio sea positivo para el proyecto. Además, si B/C es mayor que 1, será rentable si B/C es igual o menor que 1, lo que significa que los beneficios serán iguales o más pequeños que las inversiones. Finalmente, el indicador PB muestra que se renovará una determinada inversión., Chirinos, (2018).

En cuanto al proceso, luego de exponernos a los conceptos teóricos en las técnicas y herramientas de recolección y análisis de datos, continuamos utilizando estos mecanismos de investigación para obtener los resultados favorables.

A continuación, el proceso ejecutado se representa como un gráfico cuadrado.

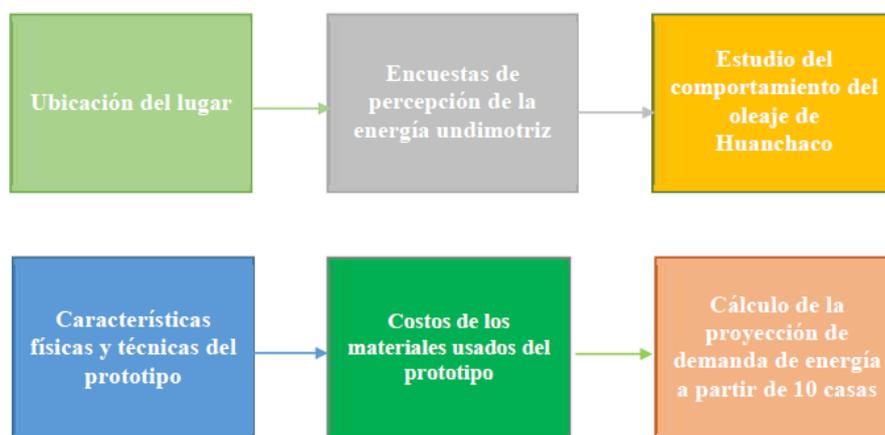


Figura 21. Diagrama de cajas de la investigación.

Fuente: (Neyra & Roque, 2020)

En cuanto a la normativa que promueve la energía undimotriz en el Perú, se pueden citar los siguientes factores:

Ley 23230 - Decreto Legislativo del Instituto Marítimo Peruano IMARPE (26 de mayo de 201981), esta ley es una ley que contiene normas que regulan todo lo relacionado con las acciones relacionadas con el mar peruano.

Artículo N° 40 - Investigación científica sobre recursos de aguas marinas y continentales, factores de interacción ambiental y factores beneficiosos para el desarrollo de la hidrobiología.

Fomentar el crecimiento del estudio científica y tecnológico, así como la formación, desarrollo y la inducción de investigadores científicos y técnicos.

Expandir los resultados de los estudios e investigaciones a la ciencia y al público en general. "

Decreto Legislativo No. 1002 sobre incentivo a la inversión para generar electricidad utilizando energías renovables.

Este Decreto-Ley tiene por objeto promover el uso de Fuentes de Energía Renovable (RER) para mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el ecosistema, fomentando la inversión en generación eléctrica.

Este Decreto Ley se aplica a la generación de energía eléctrica por RER que entre en operación comercial a partir de la vigencia de este Decreto Ley. La obtención de los derechos de uso de la energía eléctrica debe cumplir con lo establecido en el **Decreto N ° 25844** y la Ley de Transmisión de Energía y los reglamentos y normas adicionales de este Decreto.

III METODOLOGÍA.

3.1 Tipo y diseño de investigación

Nuestra investigación será del tipo aplicada porque se determinará el potencial energético de las olas para aprovechamiento en generación Undimotriz en la costa de Tumbes y Piura mediante indicadores económicos como la cota de ola significativa, H_s (m), el período de energía, TE (s) y la dirección media de la ola, hm (°). El diseño, se dispone de un no experimental – transversal, debido al análisis y la revisión sistemática de fuentes confiables revisadas por expertos en la materia, así como la radiación del sol, los factores ambientales de la zona de estudio y su relación para dimensionar y evaluar la generación de energía. Esta información solo será recopilada una única vez, la radiación y los demás factores serán estudiados en un periodo de 10 años a más, los cuales serán analizados con las fórmulas empíricas analizadas en el marco teórico.

3.2 Operacionalización de variables.

La definición de las variables se encuentra en la tabla de operacionalización, se procede a identificar la variable independiente y dependiente:

3.2.1. Variable Independiente

Potencial energético expresado en la cota de ola significativa, H_s (m), el período de energía, TE (s) y la dirección media de la ola, hm (°).

3.2.2. Variable dependiente

Aprovechamiento en generación Undimotriz en Tumbes y Piura, expresado en Potencia (kW) y Energía Generada (kWh).

Para la ejecución del presente proyecto de investigación, es necesario conceptualizar las variables independientes y dependientes a nivel conceptual y a nivel operacional, con el detalle de la definición de las dimensiones y sus respectivos indicadores que las describen y muestran la relación causa efecto existente entre las variables

Es decir, se trata, de crear un modelo que permita derivar la relación lógica empírica entre las definiciones de las variables dependientes e independientes y la data que

se trabajara entre las dimensiones y sus respectivos indicadores. Visualizar cuadro de operacionalización de variables en anexo 1.

3.3 Población, muestra y muestreo.

Población

Para este proyecto de investigación se revisó la literatura y se obtuvieron 40 documentos (Tesis y artículos), nacionales e internacionales referentes a la generación undimotriz con antigüedad no mayor a 7 años los cuales serán objeto de análisis para este trabajo de investigación, obtenidos de fuentes como ScienceDirect, MDPI, Scielo e IEEE Xplore, Scopus, google académico, entre otros.

Muestra

La muestra serán 3 documentos escogidos de manera no aleatoria

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

N = Tamaño de la población (40)

P = Probabilidad de ocurrencia del evento estudiado. 80%

q = Probabilidad de no ocurrencia del evento estudiado. 20%

z = Nivel de confianza de estudio (2.05)

e = Margen de error de muestra. 3%

$$n = \frac{(2.05)^2(0.8)(0.2)(40)}{(0.3)^2(40 - 1) + (2.05)^2(0.8)(0.2)}$$

$$n = 2.62$$

$$n = 3$$

Muestreo

El muestreo de este proyecto es no aleatorio, porque se realizarán métodos, que no se utilizan de acuerdo a un orden, ni el cálculo de análisis de funciones de probabilidad, en procesos de incertidumbre, con altas posibilidades que se obtengan muestras por criterio con sesgos o distorsiones, lo cual pone en aprietos

la credibilidad de los resultados del presente trabajo de investigación, el muestreo no probabilístico se da de varias formas, donde predomina el juicio o criterio del investigador y el muestreo será tomados según los siguientes aspectos de la documentación.

- Investigaciones que realizan el análisis de las olas para determinar el potencial energético.
- Investigaciones que aplican diferentes tecnologías de generación undimotriz.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 4. *Tabla de técnicas e instrumentos*

TÉCNICA	USO	HERRAMIENTAS
Análisis documentaria	La recolección de datos será secundaria, porque se analizarán documentos con coincidencia de las características del recurso material a utilizar, toda la energía que se va aprovechar, guarda relación directa con la amplitud de la marea.	Guía de análisis documental

Fuente: Elaboración propia.

Se recolectarán datos de:

- La altura de ola significativa, Hs (m)
- El período de energía, TE (s)
- La dirección media de la ola, hm (°).

Estos datos se tomarán de simulaciones previas y serán obtenidas de SENAMHI.

Guía de análisis de datos:

Se adjunta ficha (Anexo 04), para este análisis también se podrán usar gestores de base de datos, tales como es: Zotero, Mendeley y Atlas bi.

3.4 Procedimientos.

La energía potencial puede ser considerada mediante un modelado numérico, aplicando conocimientos sobre las características de las mareas tales como: cota

o los principales elementos armónicas, además de algunos coeficientes que en variados estudios contienen mucha incertidumbre (Charlier, 2003).

Los instrumentos de recolección de datos aplicados, planteados inicialmente serán las evaluaciones preliminares de documentos recopilados, los cuales consistirán en la selección y dimensión de su diseño y su potencia instalada, mediante una gráfica matemática que se pueda estimar la cantidad de energía producida.

Para hallar la energía potencial de la marea, se conoce que es directamente proporcional al rango de marea. En el caso particular de una mareomotriz, es la diferencia entre la elevación del nivel del mar y el nivel del embalse, aplicaremos una ecuación (1) empírica estudiada en los casos investigados con la cual es posible calcular la potencia de una instalación.

$$P = gQH \quad (\text{ecuación 1})$$

donde:

H = Distancia entre el mar y el reservorio, expresado en metros

Q = Caudal trasegado de las turbinas en m³/s.

g = El peso específico igual a la densidad por la gravedad por m³.

3.5 Método de análisis de datos

Uno de los modelos físicos matemáticos a utilizar para los cálculos en Excel, podría ser un modelo de flujo numérico de arrastre de forma que representa las turbinas de marea. Este es un modelo de cuadrícula no estructurado con un tratamiento implícito que ha demostrado ser robusto, preciso y eficiente para ambientes oceánicos costeros altamente irregulares y es muy adecuado para este problema final, solo una fracción del potencial de potencia máximo teórico se puede realizar en la práctica debido a las limitaciones.

Primera etapa:

- La recopilación de información.

Segunda etapa:

- La manera como será calculado el potencial undimotriz (Tablas numéricas, Excel, modelo matemático para resolver variables).

Tercera etapa:

- Diseñar las características del sistema.

Cuarta etapa:

- Evaluar la factibilidad.

3.6 Aspectos Éticos

El presente proyecto de investigación será de autoría propia, no se ha manipulado la información obtenida, por lo tanto, se han citado y referenciado debidamente a los autores relacionados al estudio y que nos aporten en la investigación según la norma ISO, del mismo modo, se respetará la información brindada en tablas y figuras, esta información es absolutamente confidencial.

El presente proyecto será procesado, analizado en páginas de auto plagio como Turnitin y demás, dando veracidad de la investigación.

IV RESULTADOS.

4.1. Determinar cuáles son las tecnologías vigentes de generación undimotriz y su posibilidad de aplicarlas a las Regiones Tumbes y Piura.

En la actualidad las principales alternativas vigentes de tecnologías utilizadas en el aprovechamiento de la energía cinética, contenida en las olas del mar, en cuanto a la amplitud de la ola, su frecuencia de onda y el horario de actuación, debemos de mencionar:

Beneficios: Las olas deben verse como un recurso energético renovable al cual se le ofrece variadas ventajas en los procedimientos de generación de energía eléctrica.

Ventajas sobre las energías eólicas y solares: La baja huella de carbono, en contraste con otras alternativas de energías convencionales bajan la de carbono, varianza estacional natural de la energía de las olas, que indica una orientación similar a la demanda de eléctrica en climas templados, dado que en periodos donde se requiere más energía, como en invierno, se presentan olas con gran potencial energético, es decir concordancia entre la oferta y demanda eléctrica.

La energía de las olas supera los 5 kW/m al menos el 95 % del tiempo y hay referencias a mecanismos de energía de las olas que generan electricidad más del 90 % del tiempo, en comparación con el 20-30 % de los dispositivos solares y viento.

Para las instalaciones mar adentro, existen metodologías para las obras de edificar en plataformas marinas (petroleras, gasíferas, eólicas), que son similares a los requerimientos de construcción de dispositivos undimotrices, puesto que no requieren de nuevos métodos de construcción.

Permite usos alternativos de la energía obtenida, como la producción de hidrógeno verde, la depuración y desalinización de aguas, entre otros.

Pero su utilización plantea enormes desafíos a la ingeniería peruana en general y Lambayecana en Particular, en donde la Escuela de Ingeniería Mecánica eléctrica, debe tener un rol fundamental en su difusión y masificación de su uso.

Presentan particulares características de acuerdo a su ubicación y localización de los mecanismos y los se clasifican según su localización, indicados en la Figura 22.

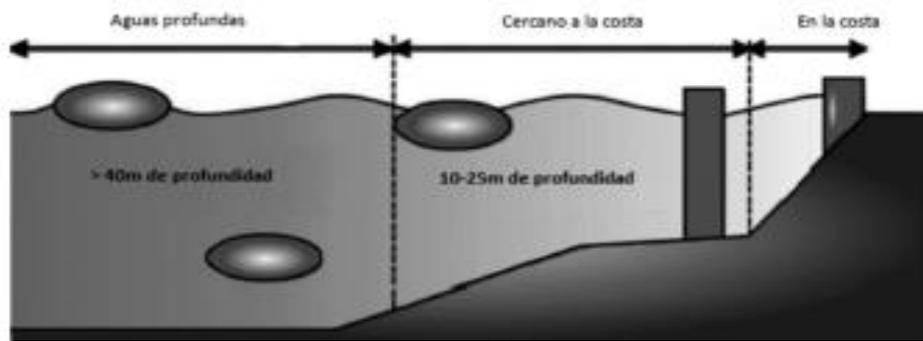


Figura 22. Esquema de ubicación de los mecanismos según longitud de la costa.

Fuente: (Patron, 2019), Elaboración Propia.

Como se aprecia en la figura 23, a la dirección que predomina del oleaje y de la monta olas, siendo tomado como ejemplo un WEC o atenuadores tipo WEC, DE Ocean Power Delivery Ltd.

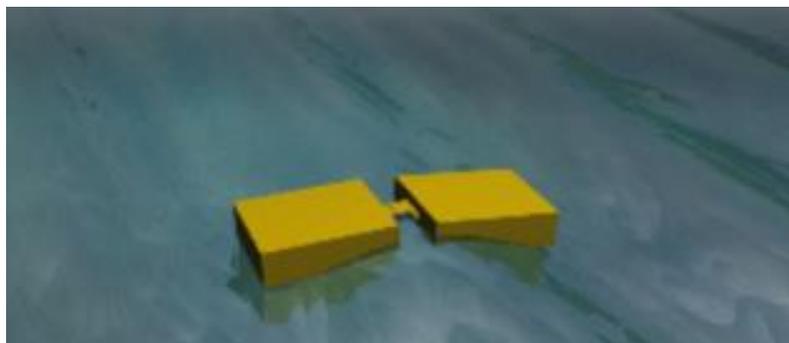


Figura 23. Mecanismo atenuador.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

El dispositivo de la figura 24 posee pequeñas dimensiones en escala de la longitud de incidente ola y el absorbedor puntual es un mecanismo que aprovecha el principio de absorción puntual por interacción de flotación libre con una columna de agua debajo de él.

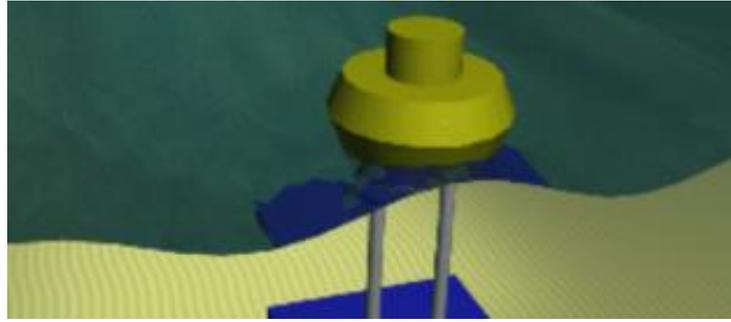


Figura 24. Mecanismo Absorbedor.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia.

El dispositivo de la figura 25 posee un eje mayor paralelo al frente de las olas, y que es un terminador perpendicular a la dirección de la ola predominante. Un ejemplo de WEC de tipo Terminador es Salter 's Duck.

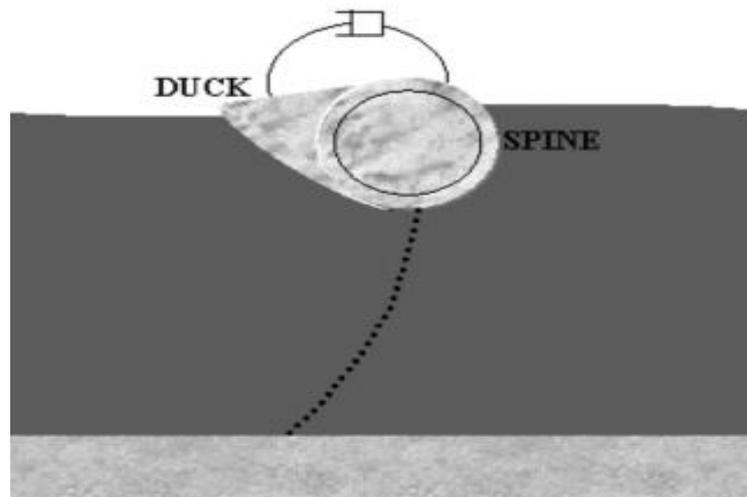


Figura 25. Mecanismo terminador.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

Dentro de las formas de operar en las categorías anteriores hay niveles de como clasificar los mecanismos de acuerdo a su manera de operación. A continuación, se dan algunos ejemplos significativos:

Equipo inmerso por diferencial de presión (SPD) El dispositivo SPD, indicado en la Figura 26.

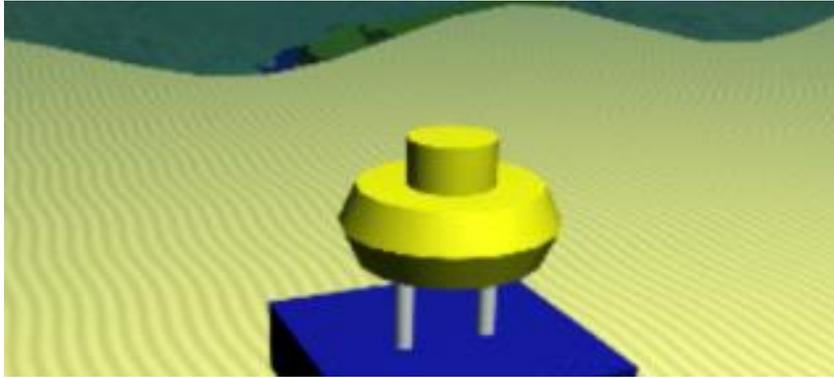


Figura 26. Mecanismo SPD.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

Convertidor de ola oscilante (OWSC), la composición de un deflector de bisagras tipo OWSC es como se puede apreciar en la Figura 27.

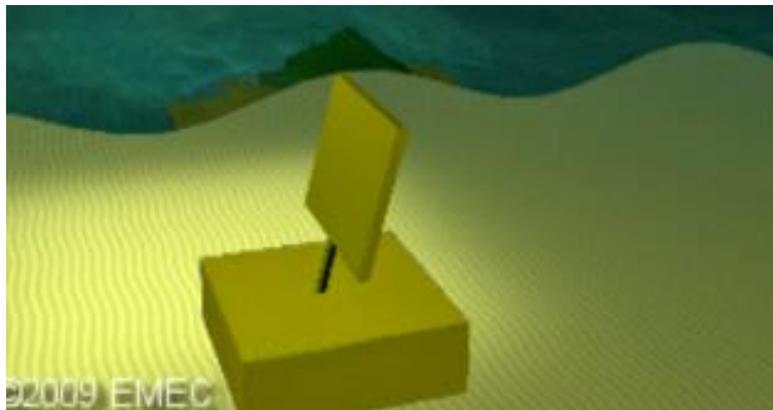


Figura 27. Mecanismo OWSC.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

La masa de aire, movilizada, permite la ubicación bajo el nivel del mar que hace posible el acceso del volumen de agua movilizadas por la presión de las olas a la cámara y expulsando el aire hacia el medio ambiente mediante una turbina, como se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Mecanismo OWC.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

Se propone un desarrollo undimotriz, de origen australiano, como un mecanismo anclado cercano a la playa, este concepto de OWC ha sido propuesto por Oceanlinx, un desarrollador undimotriz australiano, expuesto en la Figura 29. Un ejemplo de esto es el Wave Dragon.

Figura 29. Mecanismo de desbordamiento.

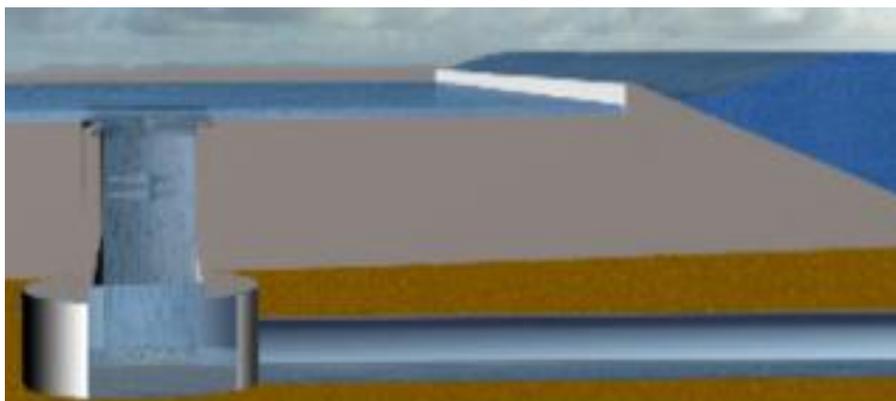


Figura 30. Mecanismo de desbordamiento.

Fuente: (Patron, 2019) , Elaboración Propia

Se presenta el 87% de oleaje mayor a 2 m, definiendo el rango de potencia, mayor a 2 m, lo que se traduce en una potencia mayor a 25 kW/m y con factor estacional por lo que puede aumentar hasta 61,94 kW/m, ya que se muestra en la Tabla 5. Tenga en cuenta que la fuente de energía mínima para las olas

generadas es de 5 kW/m. Conveniente ubicación geográfica y logística: La presencia de recursos naturales es apreciada en el mercado internacional

Tabla 5. *Valores medios de la cota significativa, período medio, potencia y dirección de propagación de olas.*

Periodo	Cota Significativa	Período medio	Potencia
	(m)	(s)	(kW/m)
Enero	2.28	10.83	30.88
Febrero	2.17	10.95	26.59
Marzo	2.28	11.45	32.55
Abril	2.67	11.7	43.12
Mayo	2.72	12.02	47.75
Junio	2.99	11.53	56.45
Julio	3.14	11.69	61.91
Agosto	2.98	12.03	59.11
Setiembre	2.64	10.8	39.26
Octubre	2.9	11.78	53.46
Noviembre	2.43	11	33.41
Diciembre	2.31	10.68	30.64

Fuente: Elaboración Propia

Además, como muestra la Tabla 7, los clientes libres consumen el 88,80% de la venta de energía.

Tabla 6. *Generación Bruta anual por tipo de Combustible.*

[%] Generación Bruta Anual por tipo hidrocarburo	
Tipo generación	%
Antracita	58.3
Ciclo combinado	0.5%
Gasóleo	4.8%
Mar afuera Eólico	0.9
Residual N° 6	0.4
Metano	7.6
Hidro energía	0.3
Fotovoltaico solar	2.8
Total Anual	75.60%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Ventas a clientes libres y regulados

Entregas a Regulados y Libres		
Enero - Julio 2016	[GWh]	[%]
Osinergmin	1121.35	11.2
Spot	8891.49	88.8

Fuente: Elaboración Propia.

4.2. Analizar el potencial undimotriz, de las Regiones Tumbes y Piura y sus restricciones.

La Región Norte del Perú, en general y las regiones Tumbes y Piura en particular, gozan de fuerte oleaje en cuanto la altura de las ondas u olas marinas, su frecuencia, su duración durante todo el día y por lo tanto gozan de un potencial energético en sus zonas alejadas de las redes de alta tensión, por lo que su uso ha de ser básicamente la de la generación distribuida conectándose en baja tensión, con los problemas de regulación y estabilidad que esto representa, vamos a analizar los criterios que determinan el potencial energético de las olas de mar (Energía Generada y Potencia entregada), identificar características adicionales como ubicación y demás características de operación.

A partir del estudio de la cota y tiempo promedio de las olas en el período 2019–2021, obteniendo el indicador de las olas para estimar el flujo energético del centro poblado caleta La Islilla, distrito de Paita, región Piura, coordenadas UTM **478932** Este, **9425380** Norte.

Los parámetros más relevantes, que se caracterizan en el año 2019, para la determinación del potencial energético fueron:

Longitud de onda (λ): $\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$, es decir la longitud de onda, es una función del tiempo o frecuencia de venida de la onda, con la cual podemos elaborar la tabla de potenciales de onda, de todo los años del presente estudio.

Tabla 8. Longitud de Onda Anual.

Año 2019/mes	Acel. Gravedad (g)	Periodo (Seg)	Constante π	Long (λ)
ENERO	9.81	17	31,416	451
FEBRERO	9.81	16	31,416	400
MARZO	9.81	16	31,416	400
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	17	31,416	451
SETIEMBRE	9,81	17	31,416	451
OCTUBRE	9,81	16	31,416	400
NOVIEMBRE	9,81	16	31,416	400
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 8, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2019, fue de 421 metros de promedio aritmético anual.

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la celeridad.

Tabla 9. Celeridad Energética de las Olas.

Año 2019/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo (Seg)	Long (λ)
ENERO	26.53	17	451
FEBRERO	25	16	400
MARZO	25	16	400
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	26.53	17	451
SETIEMBRE	26.53	17	451
OCTUBRE	25	16	400
NOVIEMBRE	25	16	400
DICIEMBRE	26.53	17	451

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 9, se puede determinar que la celeridad energética promedio detectada el año 2019 y que utilizaremos para el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 25,63 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2019, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 10:

Tabla 10. Celeridad de Ola y celeridad de grupo.

Año 2019/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo (m/s)
ENERO	26.53	13.27
FEBRERO	25	12.5
MARZO	25	12.5
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	26.53	13.27
SETIEMBRE	26.53	13.27
OCTUBRE	25	12.5
NOVIEMBRE	25	12.5
DICIEMBRE	26.53	13.27

Fuente: Elaboración Propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m):

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2019, en la tabla N° 11.

Tabla 11. Flujo de Energía 2019

Año 2019/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Celeridad	Flujo Energía
ENERO	9.81	1.6	1,027	13.27	42,78
FEBRERO	9.81	1.7	1,027	12.5	45,49
MARZO	9.81	2	1,027	12.5	62,97
ABRIL	9,81	1.9	1,027	13.27	60,33
MAYO	9.81	1.8	1,027	12.5	51,00
JUNIO	9.81	2.1	1,027	12.5	69,42
JULIO	9.81	1.9	1,027	12.5	56,83
AGOSTO	9.81	1.8	1,027	13.27	54,15
SETIEMBRE	9,81	1.7	1,027	13.27	48,30
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	12.5	56,83
NOVIEMBRE	9,81	2.1	1,027	12.5	69,42
DICIEMBRE	9,81	1.9	1,027	13.27	60,33

Fuente: Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 56.49 Kw/ml

En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que con la aplicación de la fórmula empírica.

Energía Total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 12.

Tabla 12. Valores de energía total.

Año 2019/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Long Onda	Energía (Kj/m)
ENERO	9.81	1.6	1,027	451	5.816,02
FEBRERO	9.81	1.7	1,027	400	5.823,27
MARZO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
ABRIL	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
MAYO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
JUNIO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JULIO	9.81	1.9	1,027	400	7.274,06
AGOSTO	9.81	1.8	1,027	451	7.360,90
SETIEMBRE	9,81	1.7	1,027	451	6.565,74
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	400	7.274,06
NOVIEMBRE	9,81	2.1	1,027	400	8.886,04
DICIEMBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2020, los parámetros característicos serán:

Tabla 13. Longitud de onda Anual

Año 2020/Mes	Acel. Gravedad (g)	Periodo (Seg)	Constante π	Long (λ)
ENERO	9.81	16	31,416	400
FEBRERO	9.81	16	31,416	400
MARZO	9.81	17	31,416	451
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	16	31,416	451
SETIEMBRE	9,81	17	31,416	451
OCTUBRE	9,81	17	31,416	451
NOVIEMBRE	9,81	17	31,416	451
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 13, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2020, fue de 430 metros de promedio aritmético anual.

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la Celeridad

Tabla 14. Celeridad energética de las Olas.

Año 2020/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo (Seg)	Long (λ)
ENERO	23.53	17	400
FEBRERO	25	16	400
MARZO	28.2	16	451
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	26.53	17	451
SETIEMBRE	26.53	17	451
OCTUBRE	28.2	16	451
NOVIEMBRE	28.2	16	451
DICIEMBRE	26.53	17	451

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N° 14, podemos determinar que la celeridad energética promedio detectada el año 2020 y que utilizaremos para el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 26,18 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2020, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 15:

Tabla 15. Celeridad de Ola y celeridad de grupo.

Año 2020/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo (m/s)
ENERO	23.53	11.77
FEBRERO	25	12.5
MARZO	28.2	14.1
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	26.53	13.27
SETIEMBRE	26.53	13.27
OCTUBRE	28.2	14.1
NOVIEMBRE	28.2	14.1
DICIEMBRE	26.53	13.27

Fuente: Elaboración propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m):

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2020, en la tabla N° 16.

Tabla 16. Flujo de energía 2020.

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Celeridad	Flujo Energia
ENERO	9.81	1.7	1,027	11.77	37,95
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	12.5	51,00
MARZO	9.81	2	1,027	14.1	71,03
ABRIL	9,81	1.8	1,027	13.27	54,15
MAYO	9.81	2.1	1,027	12.5	69,42
JUNIO	9.81	2.2	1,027	12.5	76,19
JULIO	9.81	2	1,027	12.5	62,97
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	13.27	60,33
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	13.27	54,15
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	14.1	64,10
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	14.1	71,03
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	13.27	68,14

Fuente: Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 61.70 kW/m

En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que con la aplicación de la fórmula empírica.

Energía Total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 17.

Tabla 17. Valores de energía total.

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Long Onda	Energía (Kj/m)
ENERO	9.81	1.7	1,027	400	5.158,33
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
MARZO	9.81	2	1,027	451	9.087,53
ABRIL	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
MAYO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JUNIO	9.81	2.2	1,027	400	9.752,47
JULIO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	451	8.201,50
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	451	9.087,53
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	451	10.019,00

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2021, los parámetros característicos serán:

Tabla 18. Longitud de Onda Anual.

Año 2021/Mes	Acel Gravedad (g)	Periodo (Seg)	Constante π	Long (λ)
ENERO	9.81	17	31,416	451
FEBRERO	9.81	17	31,416	451
MARZO	9.81	17	31,416	451
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	16	31,416	400
SETIEMBRE	9,81	16	31,416	400
OCTUBRE	9,81	17	31,416	451
NOVIEMBRE	9,81	16	31,416	400
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 18, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2021, fue de 426 metros de promedio aritmético anual.

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la Celeridad

Tabla 19. Celeridad energética de las Olas.

Año 2021/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo (Seg)	Long (λ)
ENERO	26.53	17	451
FEBRERO	26.53	17	451
MARZO	26.53	17	451
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	25	16	400
SEPTIEMBRE	25	16	400
OCTUBRE	26.53	17	451
NOVIEMBRE	25	16	400
DICIEMBRE	26.53	17	451

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 19, se determina que la celeridad energética promedio detectada el año 2021 y que utilizaremos para el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 25,77 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2021, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 20:

Tabla 20. Celeridad de Ola y celeridad de grupo.

Año 2021/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo (m/s)
ENERO	26.53	13.27
FEBRERO	26.53	13.27
MARZO	26.53	13.27
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	25	12.5
SETIEMBRE	25	12.5
OCTUBRE	26.53	13.27
NOVIEMBRE	25	12.5
DICIEMBRE	26.53	13.27

Fuente: Elaboración propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m):

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2021, en la tabla N° 21.

Tabla 21. Flujo de energía 2021.

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Celeridad	Flujo Energía
ENERO	9.81	1.7	1,027	13.27	171,13
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	13.27	216,58
MARZO	9.81	2	1,027	13.27	267,39
ABRIL	9.81	1.8	1,027	13.27	216,58
MAYO	9.81	2.1	1,027	12.5	277,69
JUNIO	9.81	2.2	1,027	12.5	304,76
JULIO	9.81	2	1,027	12.5	251,87
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	12.5	227,31
SETIEMBRE	9.81	1.8	1,027	12.5	204,02
OCTUBRE	9.81	1.9	1,027	13.27	241,32
NOVIEMBRE	9.81	2	1,027	12.5	251,87
DICIEMBRE	9.81	2.1	1,027	13.27	294,79

Fuente: Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 243.78 Kw/ml
 En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que, con la aplicación de la fórmula empírica,

Energía total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 17.

Tabla 22. Valores de energía total.

Año 2021 / Mes	Gravedad	Ola (Mts)	densidad	Long Onda	Energía (Kj/m)
ENERO	9.81	1.7	1,027	400	5.158,33
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
MARZO	9.81	2	1,027	451	9.087,53
ABRIL	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
MAYO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JUNIO	9.81	2.2	1,027	400	9.752,47
JULIO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	451	8.201,50
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	451	9.087,53
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	451	10.019,00

Fuente: Elaboración propia.

Donde en la Tabla 23, se visualiza de manera gerencial, la información relativa a los años 2019, 2020 y 2021

Tabla 23. Información general Año 2019, 2020, 2021.

AÑO	Long Onda (λ)	Celeridad (C)	Celeridad Grupo (C _g)	Flujo de Energía (kW/m)	Energía (kJ/m2)
2019	421	25.63	12.82	56.49	7,406.46
2020	430	26.18	13.09	61.7	8,142.01
2021	426	25.77	12.89	243.78	8,142.01
PROMEDIO	425.67	25.86	12.93	120,66	7,896.83

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diseñar las principales características del sistema de generación undimotriz para las Regiones Tumbes y Piura.

En cuanto, al tamaño de la central undimotriz (número de boyas flotantes y su potencia inherente, debemos de considerar la población mercado eléctrico a alimentar, por lo cual trabajaremos con una población de clase media alta, con un total de pobladores de 4,376 personas, y considerando los resultados de la última encuesta poblacional del INEI, que nos indica que en cada vivienda viven en promedio tres personas, nos determina una población total de 1,579 Viviendas, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 24. Demanda eléctrica promedio abastecer.

		Tipo de hogar		
		1-2 individuos	3-4 individuos	5 o más individuos
Instalación monofásica	Electrodomésticos habituales	3.45 kW	4.6 kW	5.75 kW
	Electrodomésticos habituales + calefacción y aire acondicionado	4.6 kW	5.75 kW	6.9 kW
Instalación trifásica	Electrodomésticos habituales	3.464 kW	5.196 kW	5.928 kW
	Electrodomésticos habituales + calefacción y aire acondicionado	5.196 kW	6.928 kW	10.392 kW

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos manejados por la Gerencia Comercial, de la empresa ENOSA, la potencia demandada por las viviendas de 3 a 4 Personas, están en el rango de los 5 KW, lo cual nos determina, que la potencia total contratada para la localidad sea del orden de los 8 MW, por lo que ese será el tamaño de la Central Undimotriz para aprovechar y utilizar la energía del mar, si cada boya nos permite obtener unos 500 kW de potencia continua y 750 kW de potencia Pico, para aprovechar la potencia de la localidad se necesita un promedio de 16 boyas instaladas, pero por restricciones presupuestales se empezará con 10 boyas, con lo cual se podrá cubrir gran parte de la energía que se necesita en la localidad y una vez que se haya finalizado el proyecto, materia del presente trabajo de investigación, se podrá tener

la certeza si el sistema integral de diez boyas cubre las estimaciones realizadas y tener un conocimiento cabal del alta mar.

En cuanto a la distribución en el espacio de los convertidores de energía, debido al alto CAPEX inicial, que se necesiten para las instalaciones en mar adentro, principalmente concentradas en la fabricación y colocación de los cables bajo el mar, es más económico y rentable instalar las boyas en agrupamientos de dispositivos múltiples, denominados granjas, que pueden conectarse entre ellos y utilizar un cable matriz hasta la costa a modo de interconexión, con los consiguientes ahorros, monetarios y de área de mar necesitada para generar la misma cantidad de energía, también disminuye de manera notoria los impactos ambientales y en la navegación del estuario, y conforme se utilice de manera más intensiva, aumentará el valor de arrendamiento de estos provechosos espacios marinos, se estima que la longitud de la cadena proyectada de la cadena es de 260 Mts, con lo cual podemos con tranquilidad planificar los espacios, sobre todo en situaciones de estrechez de disponibilidad de ellos

La interpretación del periodo y altura del mar adentro, se basa en los conceptos que el mar está en constante movimiento, teniendo en cuenta el comportamiento aleatorio de las olas, que no manifiestan regularidad ni en la altura ni en sus periodos de tiempo, condiciones que se deben tener cuenta en el diseño de las boyas, teniendo muy en cuenta los conceptos de altura significativa o significativa, definida como la media aritmética de la altura del tercio de las olas de mayor tamaño registradas en períodos claves de 20 a 10 minutos y con la ayuda del software Matlab, se elaboran las siguiente curvas que describen la variación de valores.

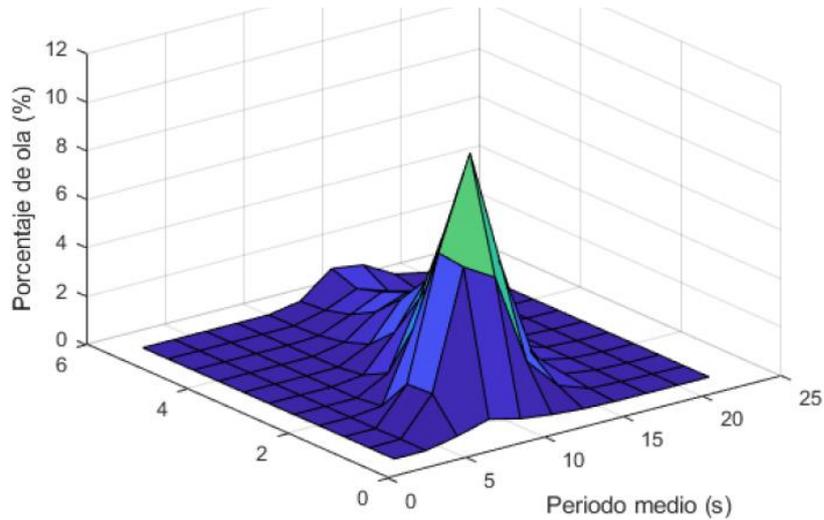


Figura 31. Distribución porcentual del oleaje en la zona.

Fuente: Elaboración propia.

Y en cuanto la distribución porcentual, tenemos que:

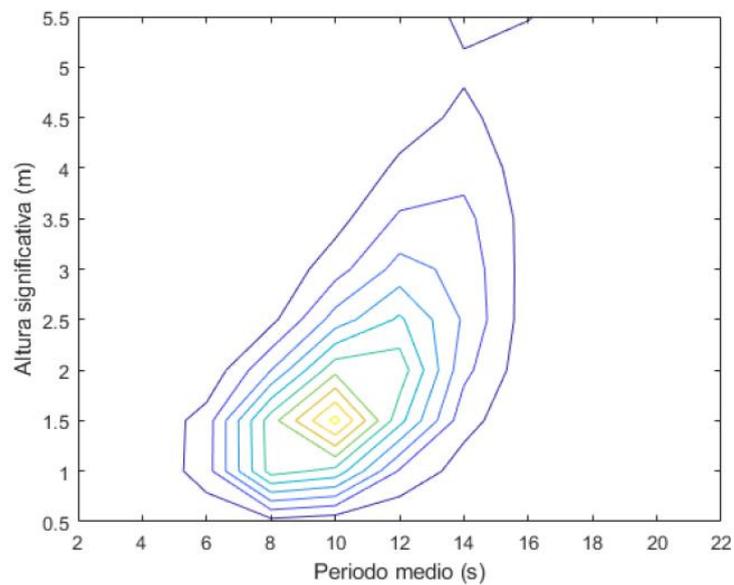


Figura 32. Porcentaje de oleaje característico de la zona.

Fuente: Elaboración propia.

En donde se puede notar, que el mayor porcentaje del oleaje se concentra en los siguientes rangos:

- Periodos entre 8 a 14 segundos
- Alturas de olas entre 1 a 2.5 metros.

Con el tratamiento estadístico se determina los valores promedios de periodo de ola (T_m) y altura de ola (H_m), con mayor probabilidad en la zona, datos que serán de mucha utilidad en el diseño posterior.

- Periodo Medio en Segundos: 10,937 Segundos.
- Altura Media = 2,349 metros.

En cuanto al concepto del Periodo de resonancia de la boya, se puede determinar la mayor optimización del dispositivo con la coordinación de la frecuencia de resonancia del dispositivo de acuerdo a la ubicación del lugar a instalarse, este concepto es muy importante en los WEC, pues de ellos depende la capacidad de absorción de la energía en la ola del dispositivo, de acuerdo al siguiente esquema:

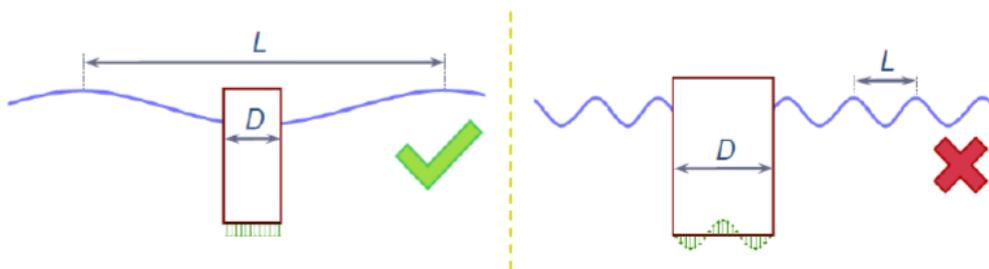


Figura 33. Distribución de presiones según dimensiones en relación a la longitud de onda de ola.

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que cuando L , es bastante mayor que D , la presión producida por la ola que viene es en la práctica constante en la base del cilindro, que significa que la conversión de energía vertical en las olas incidentes es perfecta, pero cuando L y D son del mismo tamaño, se produce una anulación de la presión inducida en la base del cilindro, lo cual ocasiona una distribución de presiones con una cadencia inestable, que tendrá consecuencia negativas en la extracción de potencia del absorbedor, pues se demuestra que un porcentaje de la energía de la ola no va a poder ser absorbida, condición que hay que tener en cuenta para el diseño óptimo en estas circunstancias

El Periodo de resonancia se determina mediante la siguiente ecuación cuantitativa:

$$T_{ar\,fada} = 2\pi \sqrt{\frac{(l + d)}{3g}}$$

De donde:

l = Es el calado (profundidad).

d = es la manga de la boya en metros.

g = Aceleración de la gravedad.

Con la simulación de valores se obtiene la siguiente gráfica:

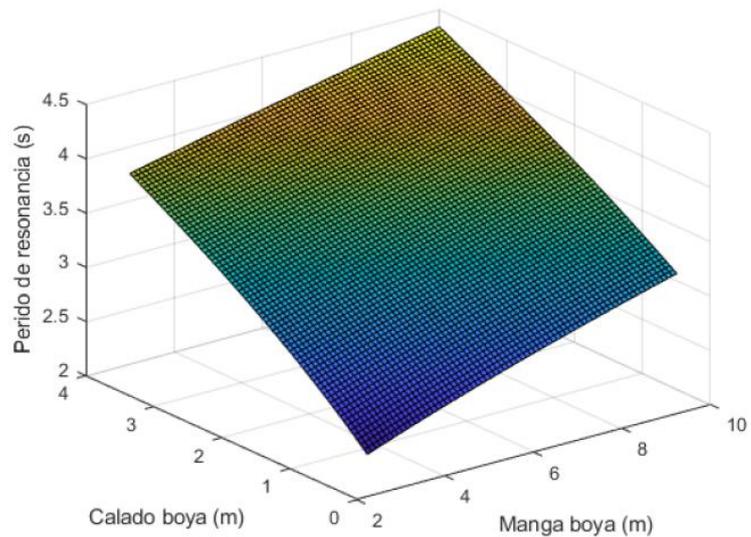


Figura 34. Periodo de resonancia según las dimensiones de la boya.

Fuente: Elaboración propia.

De donde se aprecia, que no es posible obtener datos precisos, acerca de las dimensiones de una manera parecida, ya que se conoce el periodo medio del mar, en la cual la oscilante boya entra en resonancia, fijándose un rango de valores próximos a dicho periodo para hallar las dimensiones de la boya de acuerdo a la siguiente gráfica:

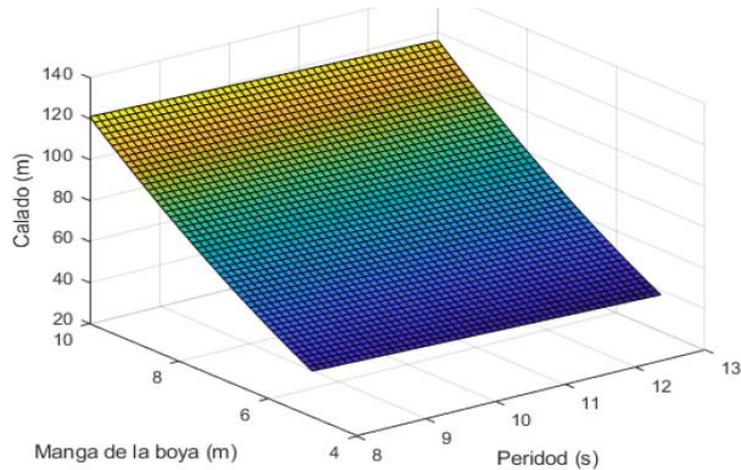


Figura 35. Dimensiones de la boya para entrar en resonancia.

Fuente: Elaboración propia.

En donde se puede notar, que las dimensiones que se logran con la boya, son muy grandes, debido de manera principal a que el periodo medio es elevado, dando lugar a longitudes de onda, muy elevadas, los que determina que las dimensiones de la boya oscilante sean muy elevadas para poder pasar al estado de resonancia. También es importante de detallar que las frecuencias armónicas, puedan reducir la longitud de la onda de la boya en estado oscilatorio para determinados valores con respecto a la longitud de onda del oleaje, la ecuación empírica para deducir el periodo de oscilación es el siguiente:

$$\omega_{zona} = \frac{2 * \pi}{T_{zona}}$$

$$\lambda_{boya} = \frac{\lambda_{zona}}{\text{valor reducido de onda}}$$

$$\lambda = \frac{2 * \pi}{k}$$

$$\omega^2 = g * k$$

$$k = \frac{\omega^2}{g}$$

De donde:

λ = onda y longitud.

ω = Frecuencia angular.

k = Número de onda.

g = Gravedad y su constante.

Procediendo a efectuar la experiencia de disminuir a la mitad el valor de la onda y su longitud.

$$\omega_{zona} = \frac{2 * \pi}{T_{zona}} = 0.565003 \frac{rad}{seg}$$

$$\lambda_{boya} = \frac{\lambda_{zona}}{2} = \frac{\frac{2 * \pi}{k_{zona}}}{2} = \frac{2 * \pi}{2 * \frac{\omega_{zona}^2}{g}} = 96.53 m$$

$$k_{boya} = \frac{2 * \pi}{\lambda_{boya}} = \frac{2 * \pi}{96.53} = 0.065 m^{-1}$$

$$\omega^2 = \sqrt{k_{boya} * g} = \sqrt{0.065 * 9.81} = 0.7991 \frac{rad}{seg}$$

$$T_{boya} = \frac{2 * \pi}{\omega} = \frac{2 * \pi}{0.7991} = 7.86 seg$$

Siendo los periodos de oscilación obtenidos los siguientes:

Tabla 25. *Periodos de resonancia.*

Factor de división de onda	T _{boya} (s)
2	7.86
3	6.82
4	5.56

Fuente: Elaboración propia.

Conocidos los valores, periódicos de las ondas armónicas, se procede de manera computarizada por iteraciones a calcular las dimensiones de la boya, mediante las siguientes empíricas fórmulas

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{C_{33} + d}{M + A_{33}}}$$

De donde:

C_{33} = Es la restauración hidrostática formulada como:

$$C_{33} = \rho * g * A_f = \rho * g * \pi * (R_{1^2} - R_{2^2})$$

d = Constante debido a la fricción.

M = Masa de la boya.

$$M = \rho * \nabla = \rho * H * \pi * (R_{1^2} - R_{2^2})$$

H = Calado de la boya.

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ aceleración de la gravedad.

R_1 = radio exterior de la boya oscilante.

R_2 = radio interior de la boya oscilante. Las medidas del radio interior suelen ser menores que la mitad del radio exterior.

A_{33} = Masa añadida.

Debemos de añadir que los coeficientes de masa añadida se determinan interpolando los datos de la tabla de referencia con el cual estructuramos el sistema de ecuaciones.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{\rho * g * \pi * (R_{1^2} - R_{2^2}) + d}{\pi * \rho * H * (R_{1^2} - R_{2^2}) * + \rho * H * \pi * (k_{33}^{(1)} * R_1^2 - k_{33}^{(2)} * R_2^2)}}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{\rho * g * \pi * (R_{1^2} - R_{2^2}) + d}{\pi * \rho * H * (R_{1^2} - R_{2^2}) * + \rho * H * \pi * (k_{33}^{(1)} * R_1^2 - k_{33}^{(2)} * R_2^2)}$$

$$H = \frac{(\rho * g * \pi * (R_{1^2} - R_{2^2}) + d) * T^2}{4 * \pi^3 * \rho * [(R_{1^2} - R_{2^2}) + (k_{33}^{(1)} * R_1^2 - k_{33}^{(2)} * R_2^2)]}$$

$$A_{33} = a_{33}^1 - a_{33}^2 = k_{33}^1 * \rho * \nabla^{(1)} - k_{33}^2 * \rho * \nabla^{(2)}$$

$$= \rho * (k_{33}^1 * H * \pi * R_{1^2} - k_{33}^2 * H * \pi * R_{2^2})$$

$$= \rho * H * \pi * (k_{33}^{(1)} * R_1^2 - k_{33}^{(2)} * R_2^2)$$

K_{33} = Coeficiente de masa añadida.

Que es donde se determina, el radio exterior que cambiará de valor entre 5 y 10 metros y que la relación entre radios no será superior que 0,5. El valor del coeficiente de la masa añadida va a variar según la profundidad de la boya, por lo que se va a suponer un calado inicial con el que se podrán obtener los valores de las masas añadidas y con ello obtener el nuevo calado. Con este nuevo calado, mediante el software *Matlab* se itera hasta el momento en el que el calado obtenido y el utilizado para la interpolación sean idénticos.

Se observa que los valores de calado más lógicos para el caso en cuestión se obtienen con un periodo T de 6,82 segundos y con un radio exterior de entre 8,5 m y 10 m, los cuales serán los candidatos iniciales.

Tabla 26. Dimensiones de la boya oscilante.

T = 6.82			
Radio exterior (m)	Relación radios	Calado Inicio iteración (m)	Calado Boya oscilante (m)
8.5	0.2	3	1.347
8.5	0.3	3	1.265
8.5	0.4	3	1.194
8.5	0.5	3	1.163
9	0.1	3	1.342
9	0.2	3	1.291
9	0.3	3	1.220
9	0.4	3	1.170
9	0.5	3	1.145
9.5	0.1	3	1.295
9.5	0.2	3	1.250
9.5	0.3	3	1.185
9.5	0.4	3	1.150
9.5	0.5	3	1.130
10	0.1	3	1.260
10	0.2	3	1.218
10	0.3	3	1.162
10	0.4	3	1.135
10	0.5	3	1.117

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Evaluar la viabilidad técnica y económica de los sistemas de generación undimotriz señalados.

Para la evaluación de la viabilidad económica y técnica, de la generación undimotriz, debemos de dimensionar la venta de energía , posible en una ubicación determinada para el modelo a utilizar en el presente trabajo de investigación, en este caso la caleta de pescadores, la islilla, en donde de acuerdo a los datos de disponibilidad energética por metro de playa, o dicho de una manera mucho más directa por metro de ola, utilizando el menor valor anual de energía por metro lineal de ola, pero antes debemos de cuantificar la demanda eléctrica agregada de la caleta de pescadores La Islita, de acuerdo a las siguientes proyecciones agregadas:

Tabla 27. *Proyecciones de oferta y demanda eléctrica.*

PROYECCIÓN DE DEMANDA, OFERTA Y ACUMULACIÓN ELÉCTRICA DEL CP LA ISLILLA			
HORA	DEMANDA ELÉCTRICA	OFERTA ELÉCTRICA	ACUMULACIÓN ELECTRICA
1	907.93	3500.00	2592.08
2	907.93	3150.00	2242.08
3	907.93	3150.00	2242.08
4	907.93	3150.00	2242.08
5	907.93	3150.00	2242.08
6	907.93	3150.00	2242.08
7	1815.85	3150.00	1334.15
8	1815.85	4100.00	2284.15
9	1815.85	4100.00	2284.15
10	1815.85	4100.00	2284.15
11	1815.85	4100.00	2284.15
12	2723.78	4100.00	1376.23
13	2723.78	4100.00	1376.23
14	2723.78	4100.00	1376.23
15	2723.78	4100.00	1376.23
16	4085.66	5320.00	1234.34
17	4085.66	5320.00	1234.34
18	4993.69	5320.00	326.41
19	5901.51	6500.00	598.49
20	6809.44	7000.00	190.56
21	6355.48	6500.00	144.53
22	6355.48	6500.00	144.53
23	4993.59	5900.00	906.41
24	4993.59	5900.00	906.41

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla a una valorización de S/ 0,45 kW/h, nos determina los siguientes flujos monetarios en el tiempo libre promedio:

Diario : S/ 35,464.12
 Mensual : S/ 1,063,923.60
 Anual : S/ 12'767,083.20

En cuanto a los niveles de inversión necesarios, debemos de indicar, que serán los necesarios para instalar los medios necesarios para una generación nominal de 7,5 MW de Potencia Pico, 5 MW de potencia continua o capacidad de generación horario y obedece al siguiente presupuesto de inversión:

Tabla 28. Costos de suministro y mantenimiento

ITEM	DESCRIPCIÓN AL DETALLE	CANT.	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
SUMINISTRO					28,971.000
1	Boyas off shore, absorbedor energía onda Marina.	20	475.000	9.500.000	
2	Maquina oscilantes y acumuladores de Energía	10	311.500	3.115.000	
3	Mecanismos acumuladores de Energía	20	143.700	2.874.000	
4	Sistemas de cables eléctricos	20	165.400	3.308.000	
5	Tableros de control y Distribución de Energía	20	65.400	1.308.000	
6	Sistemas de interrupción, distribución eléctrica	20	75.300	1.506.000	
7	Elevadores de Tensión a niveles de transmisión.	5	450.000	2.250.000	
8	Línea eléctrica de trasmisión por Kilómetro.	10	125.000	1.250.000	
9	Sistema SCADA de control óptimo Automático.	3	970.000	2.910.000	
10	Sistema de Re-conectores lógicos programables.	2	475.000	950.000	
MONTAJE					11,283.400
11	Fijación de cimentación de Boyas off Shore	20	312.000	6.240.000	
12	Montaje de Maquinas Oscilantes	10	210.340	2.103.400	
13	Montaje de acumuladores de Energía	20	43.000	860.000	
14	Montaje de sistemas de cables eléctricos	20	32.000	640.000	
15	Equipos de prueba de funcionamiento	1	325.000	325.000	
16	Servicio de Mantenimiento preventivo de boyas.	1	165.000	165.000	
17	Puesto en Servicio y Pruebas finales	1	950.000	950.000	
TOTAL GENERAL					40,254.400

Fuente: Elaboración propia.

Acto seguido definimos los principales parámetros microeconómicos inter actuantes:

Para su evaluación utilizaremos el tradicional método del flujo anual, actuante sobre todo la vida útil del Proyecto y con las siguientes principales características:

Valor de Recuperación: Cero, es decir Valor Chatarra menos el precio del desmontaje y traslado.

Vida del Proyecto: Dado por el periodo del negocio en este caso indefinido, pues será una actividad rentable siempre la conservación de carnes de ave, por las costumbres alimenticias del Perú, altamente intensivas en consumo de aves y todo tipo de carnes, en general y la vida útil del activo principal del sistema de frío, los compresores en el caso que nos involucra, teniendo en cuenta las varianzas y/o desviaciones estándar de los valores obtenidos, nos determina una vida útil económica de 10 años.

En cuanto al costo ponderado de capital, WACC, en la moderna terminología OCDE, determinado por la siguiente Ecuación:

$$WACC = \frac{\text{Patrimonio}}{\frac{\text{Pasivo total} * COCP + \text{Deuda}}{\text{Pasivo total} * CDB}}$$

De donde debemos de definir los siguientes términos:

Patrimonio: Deuda de la empresa con sus accionistas, modificadas año a año por el accionar de los resultados anuales.

Pasivo Total: Total de deudas de la empresa, tanto a sus accionistas o propietarios, como al sistema bancario y sistema financiero no bancario.

COCP: Costo de oportunidad de negocios alternativos, que tienen los propietarios de las acciones de la empresa, para invertir los fondos que obtendrían de la venta de sus acciones.

Deuda: De la empresa o emprendimiento al sistema bancario (Deuda corto plazo, pagarés, sobre giros, descuento de letras, factoring, leasing y otros), como del sistema no bancario (Acciones, Bonos de renta fija, Bonos de renta variable, acciones preferenciales, renta fija, renta variable, etc.).

CDB: Costo de deuda en términos reales, constantes, deflactados y variables.

Estos costos de la deuda están afectos a sobre tasas por tres principales criterios Tasa de interés básica, determinada por la ley de la curva de la oferta (Curva LM, o curva de oferta del mercado monetario) y la curva de demanda (Curva IS, o curva de demanda del mercado real de bienes y servicios, del mundo de la producción real).

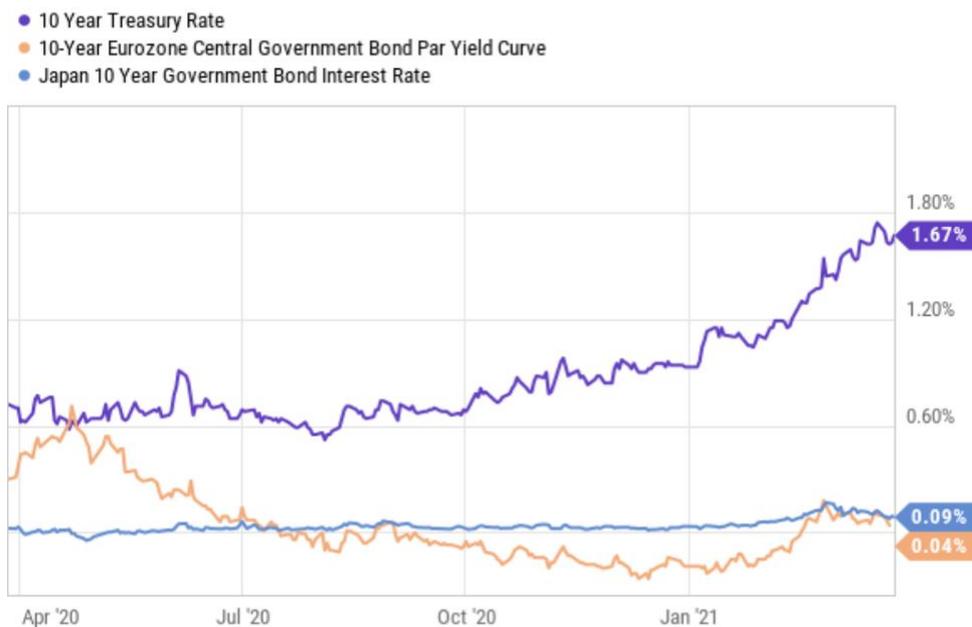


Figura 36. Tasas de interés base (Curva IS - LM).

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia.

A lo cual hay que añadir los correspondientes sobre cargos, por riesgo País (Riesgo de repatriación de capitales, Riesgo político de variación de políticas macroeconómicas, Riesgo de comercio internacional etc.), que los podemos visualizar en los siguientes cuadros y gráficos:

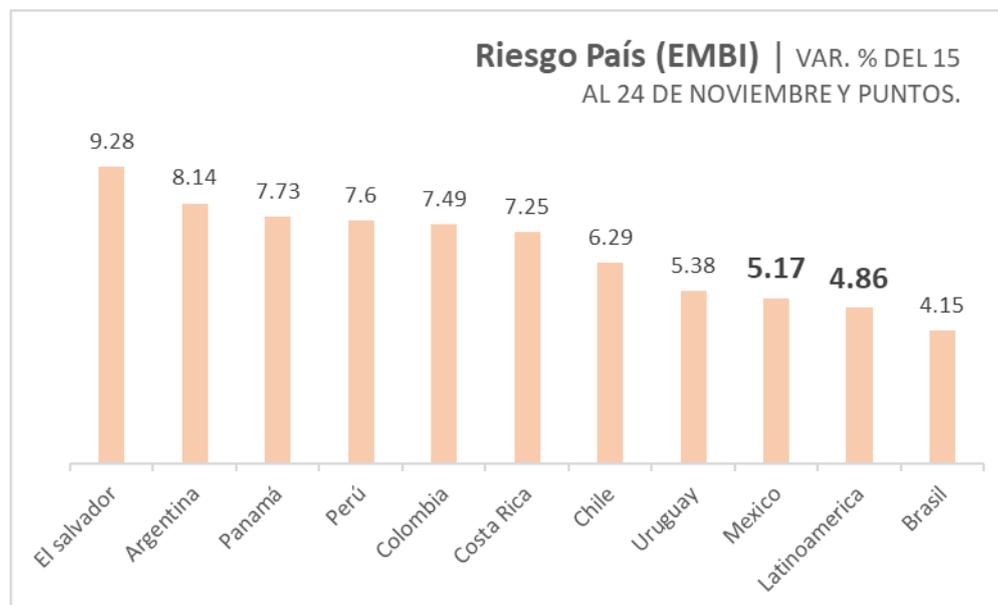


Figura 37. Tasa de riesgo país en Latinoamérica

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia.

Tabla 29. Riesgo país en el tiempo en Latinoamérica

PAIS	2019	2018	2017	2016
Perú	1.07	1.68	1.36	1.70
Chile	1.35	1.66	1.17	1.58
Uruguay	1.48	2.07	1.46	2.44
Colombia	1.61	2.28	1.73	2.25
Paraguay	2.03	2.60	2.00	2.81
Brasil	2.12	2.73	2.32	3.30
Bolivia	2.18	3.78	2.03	0.83
Ecuador	8.26	8.26	4.59	6.47
Argentina	17.44	8.17	3.51	4.55
Venezuela	147.4	68.65	48.54	21.68

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia.

Y por último las consideraciones de riesgo por tipo de negocio nos determinan, lo siguiente:

Tabla 30. Ratio de interés riesgo negocio

Ratio de interés Interbancaria de Equilibrio (TILE, Cotización a 28 días)													
Periodo	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ene.	8.41	7.41	7.93	8.41	4.91	4.86	4.79	4.84	3.78	3.29	3.56	6.15	7.66
Feb.	7.97	7.46	7.93	7.94	4.92	4.84	4.78	4.80	3.79	3.29	4.05	6.61	7.83
Mar.	7.68	7.46	7.93	7.64	4.92	4.84	4.77	4.35	3.81	3.30	4.07	6.68	7.85
Abr.	7.51	7.47	7.94	6.68	4.94	4.85	4.75	4.33	3.80	3.30	4.07	6.89	7.85
May.	7.32	7.70	7.93	5.78	4.94	4.85	4.76	4.30	3.79	3.30	4.1	7.15	7.86
Jun.	7.33	7.70	8	5.26	4.94	4.85	4.77	4.31	3.31	3.30	4.11	7.36	8.10
Jul.	7.31	7.70	8.28	4.92	4.92	4.82	4.78	4.32	3.31	3.31	4.59	7.38	
Ago.	7.33	7.71	5.86	4.89	4.90	4.81	4.79	4.30	3.30	3.33	4.6	7.38	
Sept.	7.31	7.70	8.66	4.91	4.90	4.78	4.81	4.03	3.29	3.33	4.67	7.38	
Oct.	7.31	7.33	8.68	4.91	4.87	4.79	4.83	3.78	3.28	3.30	5.11	7.38	
Nov.	7.33	7.93	8.73	4.93	4.87	4.80	4.85	3.80	3.31	3.32	5.57	7.39	
Dic.	7.34	7.93	8.74	4.93	4.89	4.79	4.85	3.79	3.31	3.55	6.11	7.62	

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia

Elaboramos el flujo de caja correspondiente:

FLUJO DE CAJA A PRECIOS PRIVADOS PERIODO 2023 – 2032

Tabla 31. Flujo de caja (VAN - TIR).

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	0.00	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20
EGRESOS	40254400.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00
UTILIDAD	-40254400.00	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20

Fuente: Elaboración propia.

VALOR ACTUAL NETO : S/ 27.975.839,64

TASA INTERNA DE RETORNO : 26%

V DISCUSIÓN.

De este importante trabajo realizado, que tiene como merito, la innovación de poner en valor los recursos energéticos undimotrices, que son más regulares que el proporcionado por la energía eólica o la energía solar fotovoltaica, y que se encuentran a lo largo de toda la costa Peruana, cerca de las subestaciones de la línea costera de 220 KV / 500 KV, existente, en donde se determina que la tecnología de boyas flotantes es la mejor tecnología para aprovechar el potencial energético de las olas, las cuales, en donde el potencial energético (kW/m), es una función del periodo y altura del mar adentro tanto en alta marea, como en baja marea, y tiene su fundamento teórico, en que el mar abierto está en constante movimiento, y de acuerdo a un comportamiento aleatorio de las olas, en los cuales no se aprecia regularidad ni en la altura de la cresta de olas, ni en sus frecuencias, longitudes de onda, criterios de diseño a tener al momento de construir y poner en funcionamiento las boyas, sobre todo con los ratios de altura significativa y altura significativa, determinada como la media asimétrica y geométrica del tercio de la altura de las olas de mayor altura y volumen medidos y tomados en cuenta en los periodos relevantes de 20 a 10 minutos, con la utilización del software Matlab para elaborar las curvas de nivel que describen la variación de los Parámetros.

También por el valor que adopta la evaluación económica y financiera de la viabilidad de la Energía undimotriz cuantificando el ingreso por energía entregada al sistema de acuerdo a su factor de planta, condicionado por su horario y uniformidad de operación, en horas punta o en horas valle, a los precios de mercado libre o spot, pero con referencia a los precios de mercado remunerado, analizamos los precios de inversión inicial o gastos de suministro y montaje, en donde se incluyen las boyas flotadoras, sus mecanismos de izaje, los tableros de control SCADA, las líneas de conducción eléctrica submarinas, los transformadores de potencia, tensión y corriente, los sistemas de protección (Pórtico de llegada, Pórtico de salida, Puestas a tierra Z, disyuntores, seccionadores, banco de condensadores, reconectores, etc.), tanto los Gastos de suministro, como los gastos de montaje, así mismo analizaremos la vida útil con la cual evaluaremos el proyecto, la cual depende de la vida útil del negocio o de la vida útil económica del principal activo de la instalación generadora de electricidad, la tasa de descuento a utilizar, será el pertinente al costo de la deuda del negocio y/o empresa (deuda a sus dueños o

patrimonio y deuda a corto, mediano y largo plazo, a proveedores, bancos y/o financieras, trabajadores, estado, Sunat, aduanas, municipios, multas, etc. Con lo cual demostré que la generación eléctrica undimotriz, es viable y rentable, desde el punto de vista económico, financiero, ambiental, logístico, social, académico, científico etc.

Queda claro, que la importancia de la energía undimotriz en la matriz energética Peruana, queda demostrada por el valor de la energía potencial a ser generada por la amplitud de las olas y toda la energía, que contiene en su altura, ancho y densidad lineal energética como fuente de energía renovable no convencional, con más factor de potencia y energía disponible para despacho que las energías renovables tales como la solar fotovoltaica, solar térmica y eólica tanto off shore, como la on shore, que permiten una mejor optimización del funcionamiento del sistema integrado en cuanto a la estabilidad (ausencia de interrupciones de servicio medidos por los indicadores SAIDI (Duración de las fallas) y SAIFI (Frecuencia con la que se presentan las fallas), y en cuando al producto es decir ausencia de perturbaciones, Flicker, agujeros de tensión y frecuencia entre otros, sobre todo si pensamos en sistemas y modelos de simulación matemática, que reproduzca lo que sucede, con la función objetivo de optimizar la matriz energética eléctrica Peruana, sobre todo en el norte del País, con la introducción de las restricciones por estabilidad, gases efecto invernadero y cumplimiento de los compromisos del Perú en la COP 26, realizada en Glasgow en Noviembre del 2021, la reducción a las cuales el Perú se ha comprometido de 280 Millones de TM de CO₂ a 218 Millones de TM de CO₂, pero también la articulación con el sistema interconectado que contempla avenida y estiaje, potencia instalada, energía despachada, potencia y energía por tipo de tecnología utilizada entre otras alternativas en el modelo de optimización con el cual se trabajara, se analizara también el caso de restricciones por cumplimiento de normas ambientales, representadas básicamente, por disminución del contenido de carbono en kilogramos por unidad d energía , que puede ser kW/h o Giga Joule térmico – eléctrico.

Se analizara la viabilidad técnica de los sistemas de boyas y flotadores, que se utilizan en los diseños de los aprovechamientos que se trabajaran como modelos así como su viabilidad económico con el análisis de los ingresos marginales, así como los costos marginales, tanto de capacidad o potencia y los ingresos

marginales de energía y capacidad, que incluyan las condiciones de estabilidad propias de escenarios de competencia perfecta, lo cual en base a flujos de caja o flujos de efectivo, es decir de ingresos medios y marginales, a los cuales se le deben restar los costos de operación, mantenimiento, tenencia y oportunidad, para determinar una serie de tiempo de las utilidades a ser consideradas, en el periodo de vida útil a ser considerado en la planificación del corto plazo, con los detalles del valor de recupero a ser considerado, con la tasación para la determinación de este que considere la vida residual, el grado o factor de obsolescencia, así como el grado de operatividad, el valor de recupero comercial y el factor de desvalorización comercial, el factor comercial y el factor de realización automática entre otros, estos análisis nos permitirán determinar el grado de los indicadores económicos tales como el TIR (Tasa interna de retorno) y el VAN (Valor actual neto), que complementan a los indicadores tales como tasa beneficio – Costos B/C, tiempo medio de recupero y cualquier otro indica financiero que se pueda utilizar.

Se elaboró un presupuesto en base a las experiencias anteriores y referencias pertinentes, en donde se tomó en cuenta a los flotadores, actuadores, que acumulan la energía de las olas y las transforman en energía eléctrica, las cuales conducen o transportan hasta los centros de consumo, se incluye los gastos de montaje off shore, con todos sus componentes de costos de trabajos submarinos a todo riesgo y a todo costo, con las correspondientes reservas de gastos por imprevistos poco probabilísticos, gastos financieros que contemplen el tipo de fondos de financiamiento utilizado, si es deuda del sistema financiero (Bancos, Cajas Municipales, Cajas Rurales, o demás entidades financieras) , o Cooperativas de ahorro y Crédito, con el uso del concepto de tasa de crédito real anual (TCRA), que incluye todos los cargos por mantenimiento de cuentas, transferencias de fondos, mantenimiento de cuentas, así mismo se analizó la posibilidad de financiamiento directo, por emisión de acciones con o sin derecho a voto, con o sin liquidez, todas rentables, o por la emisión de bonos soberanos ya sea en el mercado nacional o internacional, también se analizó la posibilidad de subvención por parte del estado, en cuanto a la formación de fondos a bajos costos financieros, para de esa manera disminuir su costo de capacidad o de potencia y lograr que el mercado interconectado los convoque con mayor frecuencia y por lo tanto la central tenga

un mejor factor de potencia y sea de un funcionamiento más rentable, con mejores costes e ingresos marginales

La integración masiva de la generación undimotriz a los modelos y considerandos de la planificación del mercado eléctrico, debe ser una de las consideraciones del presente trabajo de investigación, por su alto grado de factor de carga, por su presencia tanto en periodos de avenidas o de estiaje, en escenarios de disminución del abastecimiento de gas natural por el ducto de Camisea, en periodos de mayor exigencia ambiental al reducir la producción de CO₂, por unidades de energía eléctrica, al colocar valor a las emisiones de gases de efecto invernadero en general, y ver la posibilidad de alternar la energía undimotriz, con las energías provenientes del reformado de Petróleo, en donde el CO₂ es enterrado en cavernas o espacios producidos por la extracción de hidrocarburos, tal es el caso de los antiguos yacimientos de la brea y Pariñas, así como los más recientes de la selva norte y Camisea, evitando de esta manera que siga aumentando la concentración de gases efecto invernadero, carbón en la atmosfera, con el consiguiente aumento de la temperatura promedio del planeta, por encima de los dos grados centígrados de la temperatura promedio, antes del inicio de la era industrial, con el consiguiente deshielo de los casquetes polares, deshielo de los glaciares de altura y el aumento del nivel del mar, aumento de las sequias en época de estiaje, inundaciones de los pueblos y ciudades a orillas del mar entre otras consecuencias así mismo el aumento de los extremos climáticos es decir más calor en verano y más frío en invierno, aumento de las lluvias , los conocidos fenómenos del niño, los huracanes, tifones, tornados muy frecuentes en el hemisferio norte del planeta y el incrementos de los daños a la propiedad privada y pública, disminución de la producción, desaliento a la inversión privada y pública y por lo tanto disminución o no crecimiento del PBI interno, con la consecuencia de no poder cumplir con los objetivos de desarrollo del milenio, con la disminución de brechas sociales, tales como falta de energía eléctrica segura y confiable, a la falta de agua potable, falta de trabajo productivo y decente, falta de educación en todos sus niveles desde la inicial a la universitaria, pasando por la educación para el trabajo, la salud con programas de prevención de las pandemias, servicios primarios de atención de salud bajo el concepto de redes asistenciales y hospitales de alta complejidad, que

permitan mejorar la esperanza de vida del poblador Peruano y su bienestar expresado en el índice de Desarrollo humano.

VI CONCLUSIONES.

Se llega a la conclusión que las tecnologías de boyas offshore flotantes , con dispositivos de atenuación, absorción, son las tecnologías vigentes en el mundo , y que pueden ser aplicadas en la región tumbes y Piura, para inyectar energía al sistema interconectado con la ventaja de un mejor factor de planta, por su mayor regularidad en la frecuencia de las olas, en comparación con las alternativas eólicas y solares, que gozan de una variabilidad y sobre todo rampa de variación muy elevada y que determinan una enorme estabilidad en los sistemas interconectados

Las costas de Piura y Tumbes en general y las de la caleta de pescadores la Islilla, tienen un enorme potencial energético por su longitud de onda de ola, por su frecuencia y su capacidad energética medida en kW/m, tal como se observa con los datos de naturaleza secundaria, tratados y analizados, por lo que es posible abastecer la demanda de la región y vender excedentes al sistema interconectado, tal como se demostró en el presente trabajo de investigación

En cuanto al diseño de los componentes electromecánicos de aprovechamiento energético undimotriz, con el manejo matemático y estadístico, se obtuvieron los valores promedio del periodo de la ola (T_m) y altura de ola (H_m), con los cuales podemos diseñar las dimensiones de este componente, para manejar con las dimensiones del periodo medio y altura media de ola, el tema de la resonancia de la boya y sus cálculos de resistencia para la optimización del dispositivo en mención; luego se proyectará el cálculo de la potencia y la energía producida, y valorizaremos las entregas de energía y potencia, generando un ingreso de caja, que junto a la inversión inicial o CAPEX, necesaria para instalar las centrales undimotrices, junto con los gastos de operación y mantenimiento, nos permite determinar los valores de VAN y TIR, que hacen viable el proyecto de la presente investigación.

VII RECOMENDACIONES.

Este tipo de investigación se debe profundizar a todo lo largo de la costa peruana, para de esta manera cuantificar el potencial energético undimotriz del presente tipo de energía y los puntos exactos de su ubicación y los lugares donde podrían interconectarse y entregar energía al sistema nacional

Se debe implementar convenios con entidades, tal como el Ministerio de Energía y Minas – Carelec (Consejo de Administración de Recursos para la Capacitación en Electricidad), Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales para articular junto con universidades, una de las cuales puede ser la Universidad César Vallejo, planes piloto de equipos e instalaciones de financiamiento de plantas de generación de energía Undimotriz

Se debe diseñar software en código fuente, para desarrollar el potencial de olas, con sus características a detalle, en cuanto longitud de onda, altura de ola, velocidad de ola, energía unitaria por metro de ola, para optimizar la utilización y gestión de la energía de olas

Propiciar la formación de asociaciones y Cooperativas, de producción de energía eléctrica, con el asesoramiento de profesionales egresados de la Universidad César Vallejo, para poder producir y comercializar energía eléctrica, con el apoyo de los concesionarios eléctricos, poder generar emprendimientos con el concepto de generación distribuida y el net Billing y el net Metering.

REFERENCIAS

- Alfaro Chavarría, H. G. (2019). Evaluando un nodo de reanálisis de oleaje mediante información de una boya colocada en aguas intermedias. *Repositorio de la Universidad de Costa Rica*, 29, 12. Obtenido de <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/85337/nodo%20oleaje%20Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basañez Mercader, A. M. (2021). Adquisición, evaluación y aplicación de los datos de oleaje. España: Universidad de Santiago de Compostela. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291346>
- Bravo, N. (2008). *Sistema de conversión Mecanica Electrica para un generador Undimotriz*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103240/bravo_n.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Bravo, S. (2020). *Mercado de capitales , para los proyectos Energeticos Renivables* . LIMA: ESAN.
- Brooke, J. (2017). *Wave Energy Conversion* . Annapolis: Elsevier.
- Carpena, D. (2017). *Diseño de Mecanismos de dispositivos desbordantes - Caso Kaplan*. OSLO: NORWAY.
- Carreras, G. A. (2021). Estudio del potencial energético undimotriz. *Universidad Tecnologica Nacional, Facultad regional de Buenos Aires.*, 30. Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5484/Proyecciones%20abril%202021%20-%20Estudio%20del%20potencial%20energ%c3%a9tico%20undimotriz%20de%20Mar%20del%20Plata%20mediante%20modelado%20SWAN.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Chen, E. (2017). *Design and simulation of a multi energy hybrid power system based on wave and wind energy*. PEKIN: MAOTS.
- Chirinos, O. (2018). *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*. Lima: ESAN.
- Cooper, E. (2017). *Ciencias Marinas y otros asuntos*. Miami: MADRIMAS.
- Corral Bobadilla, M., Lostado Lorza, R., Vergara González, E. P., & Illera Cueva, M. (2013). ENVIRONMENTAL IMPACT OF WAVE ENERGY IN SPAIN. *Universidad de la Rioja*, 10.
- Duckers, P. (2017). *Mecanismos de formación de la Energía de las olas*. New York: ELSIVER.
- Dupuis, G. (2016). *La enegía Undimotriz en el presente y futuro, la fuerza de Poseidón*. Miami: PROMETEO.

- Enermark Ltda. (2017). *Análisis técnico de la tecnología de producción SDE ITD*. Santiago de Chile: Israel.
- Engstrom, J. (2019). *Hydrodynamic Modelling for a point absorbing Wave Energy Converter*. BOSTON: McGrawHill.
- ENOSA. (2021). *Memoria Anual de Gestión 2020*. PIURA: UDP.
- Gabrielli, M. (2018). *Sistemas de atenuación para extraer la energía de las olas*. SANTIAGO: MIR2.
- Garcia-Teruek, F. (2021). *A Review of geometry optimization of wave energy converters*. Boston: MIT.
- Gunn K & Stock_Williams. (2017). *Quantifying the global wave power resource*. BALTIMORE: ENERGY.
- Hernandez, Fernandez, Baptista. (2018). *Estudio de Comportamiento de Oleaje*. LIMA: PUCP.
- Jafari, D. (2018). *Numerical Simulation of a novel ocean wave energy converter*. LONDON: ROYAL.
- Leire, M. F. (2018). *Estudio computacional y experimental del prototipo columna oscilante de agua para el aprovechamiento de la energía undimotriz*. Bilbao, España. Recuperado el 03 de 06 de 2022, de <https://addi.ehu.es/handle/10810/29294>
- McCormick, Ertekin C. (2018). Renewable Power. *Renewable Energy*, 45-52.
- Medel, S. (2018). *Estudio de implantación de tecnologías Mareomotrices y undimotrices*. SANTIAGO: UCHILE.
- Medina, E. M. (2019). *Oscillating water*. Recuperado el 23 de 11 de 2020, de DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.108>.
- Mora Segovia, J. (2018). *Propuesta de un convertidor para la conexión de un sistema de generación undimotriz al sistema interconectado nacional*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado el 23 de 11 de 2021, de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/42663>
- Morales, E. (2016). *Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía Undimotriz*. Santiago: UCHS.
- Moya, N. (2018). *Sistemas de conversión Mecánica Eléctrica para un generador Undimotriz*. SANTIAGO: UCHS.
- Muñoz, Z. (2018). *Cálculo de la energía de las Olas*. Santiago: ATHENEO.
- Neira, Roque. (2020). *Generación undimotriz para mejorar el suministro de energía eléctrica en la playa costanera - Huanchaco*. Chiclayo: UCV.

- OLADE. (2020). *Informe Quinquenal de la energía en América Latina*. QUITO: ESPOL.
- Parra,C,E. (2018). *Equipo generador de energía eléctrica undimotriz*. Valparaíso: COPINAVAL.
- Patron, F. (2019). *Caracterizacion de dispositivos de aprovechamiento de energia Undimotriz*. Buenos Aires: COMPORA .
- Pelissero M. A., H. P., & Lifschitz A., G. D. (2011). Aprovechamiento de la energía undimotriz en el mar Argentino. *UTM-FRBA*, 10.
- Pérez, J. (2017). *Identificación y cuantificación del potencial de energía undimotriz en la costa del departamento del atlántico, Colombia*. Colombia: Revista ingeniería, investigación y desarrollo. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096077&fbclid=IwAR0yYpoS4Ffvfe5>
- Pire, P. (2018). *Aprovechamiento de la energía undimotriz en la costa Asturiana*. Obtenido de http://156.35.2.127/dspace/bitstream/10651/48378/3/TFM_PelayoPireCortes.pdf
- Previsic, M. (2017). *offshore wave Energy Conversion Device* . LONDON: Innovation.
- RBI Engineers. (2017). *Offshore Wave Energy*. BOSTON: MIT.
- Romero, S. (2017). *Tecnología de absorbedores puntuales de energía de olas de Mar*. SAN DIEGO: USNAVY.
- Roy, A. (2021). *Analytical estimates of short duration mean power output and variability for deepwater power generation* . LOS ANGELES : McGraw Hill.
- SIELAC - OLADE. (2019). *Balance y matriz energética en América Latina*. Obtenido de Olade: <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2020/>
- Subekti, Parjiman,Hanifah. (2020). *Design of Sea Wave,Power Hybrid Power Generation Through Utilization of wave and Wind Energy*. Boston : Willey&Sons.
- TWENERGY. (2019). *Prospectivas de energías disruptivas*. Miami: REVERTE.
- Valeria, M. C. (2016). Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía undimotriz. Santiago: Repositorio Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139160/Analisis-de-un-dispositivo-oscilante-como-medio-de-captacion-de-energia-undimotriz.pdf?sequence=1>
- Vining, J. (2019). *Economic Factors and Incentives for Ocean Wave Energy Conversion*. Obtenido de IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4347868/authors#authors>

Wave Energy AS. (2018). *Wave Energy*. Miami: FLORIDA.

Wave, D. (2019). *Simple and robust construction - complex design*. Obtenido de Wave Dragon: <http://www.wavedragon.net/principles/>

Williams , C. (2015). Quantifying the Power resource energy wave. (Elsevier, Ed.) *Tethys engineering*, 296-304. Obtenido de <https://tethys-engineering.pnnl.gov/publications/quantifying-global-wave-power-resource>

ANEXOS

Anexo N° 01. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Potencial energético.	La energía contenida en el movimiento de los mares, tanto en mar abierto, como en las cercanías de las costas, constituye un recurso energético renovable no convencional, pues los movimientos de las olas obedecen a las mareas. (Santiago, 2010)	Esta energía será analizada mediante el análisis de documentos recopilados de distintas investigaciones experimentales con resultados fiables.	Energía del mar contenida en la ola.	La altura de la ola significativa, Hs (m), El periodo de energía, TE (s). La dirección media de la ola, hm (°).	Razón. Intervalo.
Variable dependiente Generación Eléctrica	Energía que aprovecha la fuerza de las olas para generar energía eléctrica, mediante diversos sistemas (Saltos, 2017).	La energía útil que se obtiene del movimiento del mar será tomada mediante el análisis de documentos que determinan la potencia.		Potencia (kW). Energía generada (kWh) en los medidores del COES	Razón.

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°02: El pronóstico de oleaje de La Isilla es para aguas abiertas cerca de la costa.



Surf Forecasts

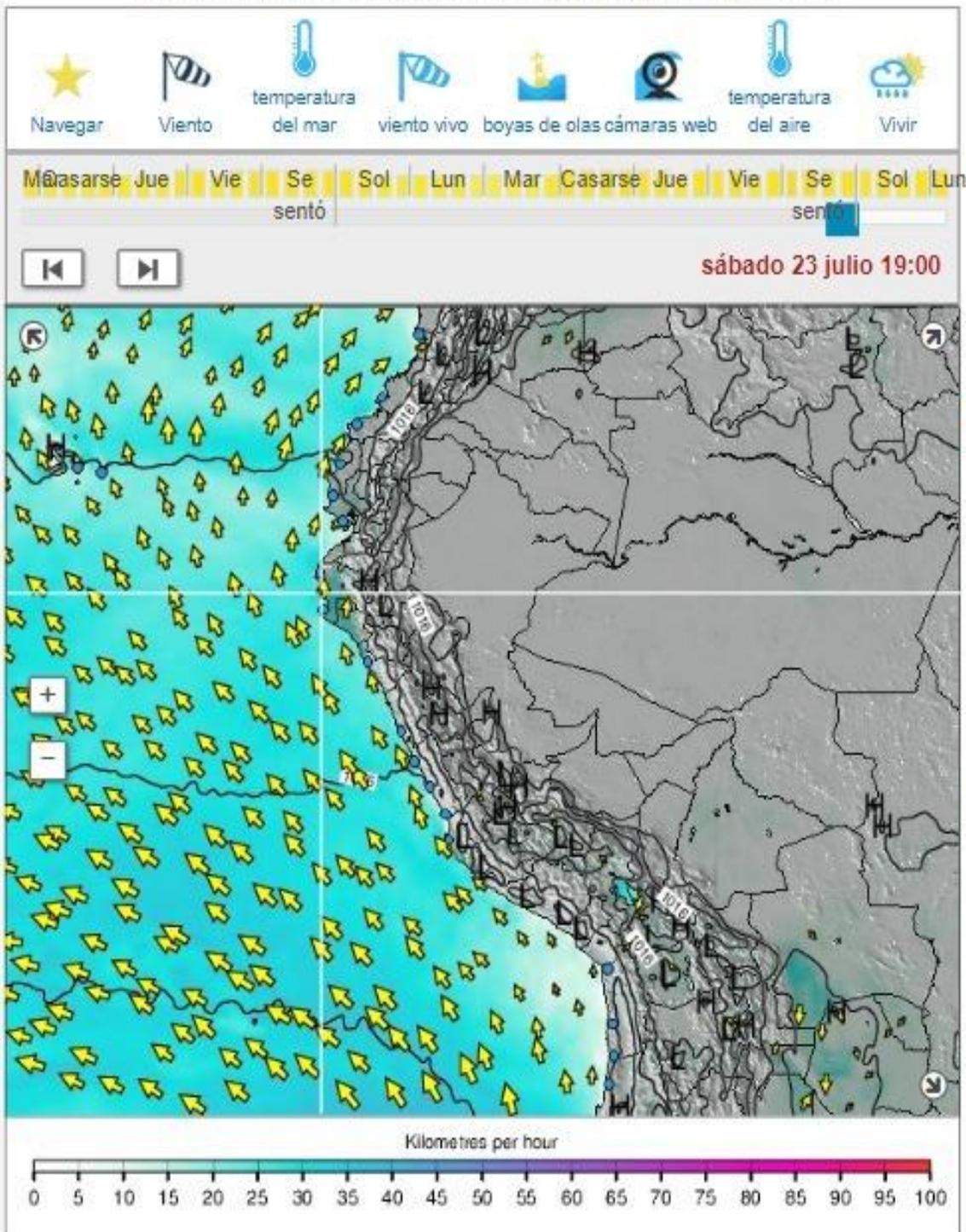
La Isilla Surfear

Pronóstico / Piura / Perú

12 Días De Clima y Surf, Emitido 6 pm Martes 12 Jul 2022 PET

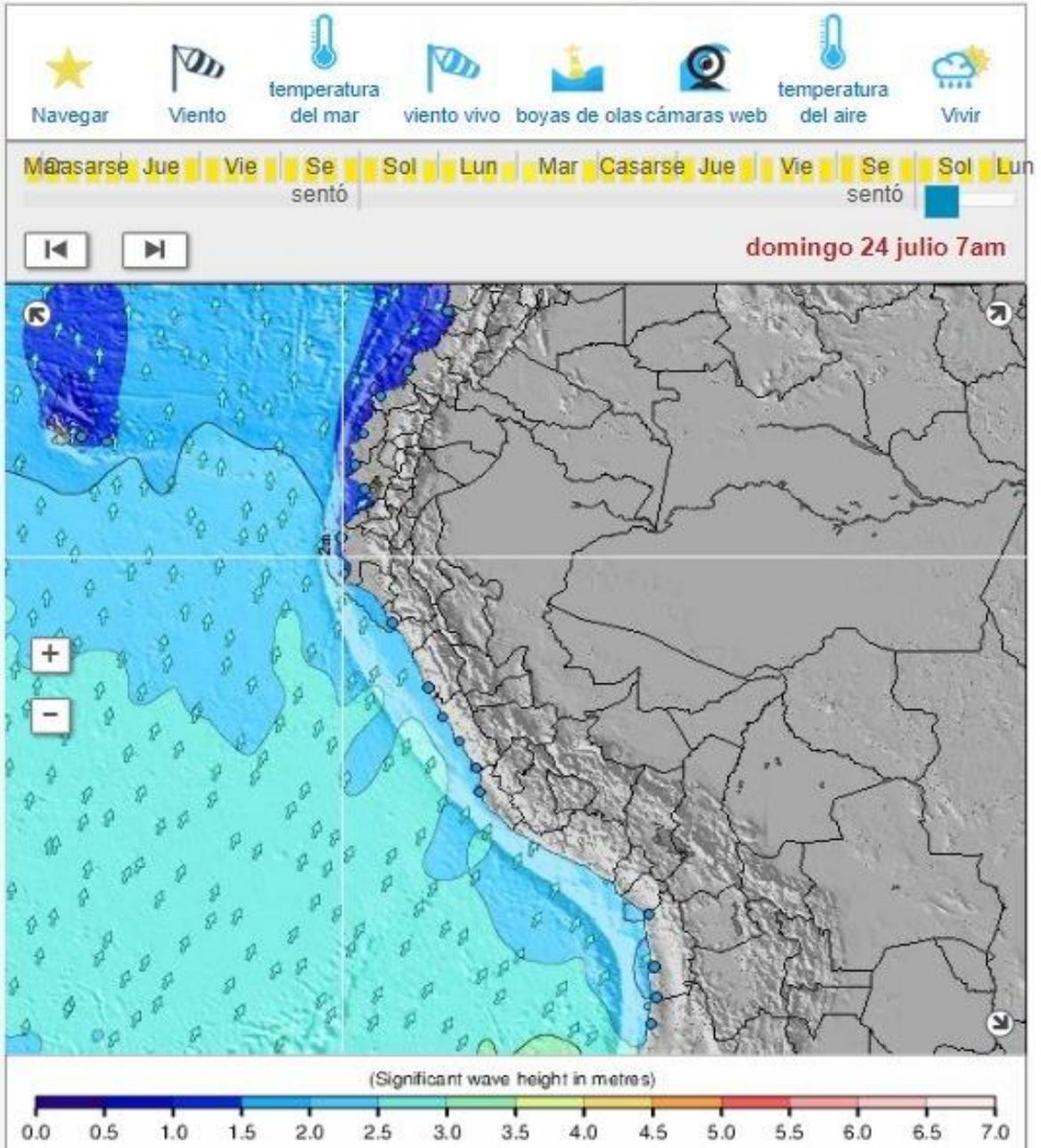
	Martes 12		Miércoles 13		Jueves 14		Viernes 15		Sábado 16		Domingo 17		Lunes 18		Martes 19		Miércoles 20		Jueves 21		Viernes 22		Sábado 23		Sol 24																								
	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	PM	Noche	AM	AM																								
Clasificación (10 máx.)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆																								
Altura de la ola (m) y dirección	1.8 SSW	2.1 SSW	1.5 SSW	1.8 SSW	1.7 SSW	2 SSW	1.3 SW	1.2 SW	1.2 SW	1.2 SW	1.1 SW	1.6 S	1.7 SSW	0.9 SW	1.3 SSW	1.1 SW	2.1 SSW	1.2 SW	1.7 SSW	1.6 S	1 SSW	1.4 SSW	0.9 SW	0.8 SW	0.7 SSW	1.2 SSW	1.3 SSW	1.3 SSW	1.2 SSW	1.1 SW	1 SW	0.8 SSW	1.1 SSW	1 SW	1.2 SSW	1.1 SW	1.6 SSW	1.3 SSW											
Periodo(s)	14	16	13	14	13	18	18	17	16	16	16	10	10	21	14	19	12	17	12	11	16	10	15	14	18	17	15	15	14	15	15	14	13	13	13	16	15	13	13										
Gráfico de ondas																																																	
Energía	1332	2178	769	1370	965	2390	1087	822	737	719	546	479	551	644	26*	920	1220	854	Años 59	640	489	418	319	256	286	735	Años 59	740	538	412	336	330	393	496	863	578													
Viento (km/h)	30 SSW	15 SSE	20 SSE	30 SSW	20 SSE	25 SSE	30 SSW	20 SSE	25 SSE	35 S	20 SSE	25 SSE	35 SSW	20 SSE	20 SSE	30 SSE	20 SSE	30 SSE	20 SSE	30 SSE	20 SSE	30 SSE	15 SSE	30 SSE	30 SSE	15 SSE	20 SSE	30 SSE	15 SSE	15 SSE	25 SSE	15 SSE	15 SSE	25 SSE	15 SSE	20 SSE													
Estado eólico (?)	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on	cross-on												
Pleamar / altura (m)	3:31AM	1.69	15:24	1.59	4:23AM	1.77	16:17	1.61	5:13 A.M.	1.82	17:09	1.60	6:01AM	1.83	18:01	1.56	6:49AM	1.79	18:54	1.49	7:37AM	1.72	19:49	1.41	8:24 A.M.	1.62	20:48	1.33	9:13 A.M.	1.52	21:53	1.27	10:04 A.M.	1.41	23:04	1.24	11:00 A.M.	1.33	12:15	1.24	11:59 A.M.	1.28	1:19 A.M.	1.28	12:57 A.M.	1.27			
Bajamar / altura (m)	20:57 A.M.	0.03	9:33 A.M.	0.40	21:48 A.M.	-0.03	10:28 A.M.	0.35	22:38 A.M.	-0.06	11:20 A.M.	0.32	23:27 A.M.	-0.05	12:12	0.31	12:16	0.02	13:03 A.M.	0.32	1:05	0.13	13:55 A.M.	0.35	1:54 A.M.	0.27	14:49	0.38	2:47 A.M.	0.42	15:44	0.41	3:45 A.M.	0.56	16:42	0.44	04:52	0.66	17:42	0.45	6:03AM	0.71	18:39	0.43	7:11 A.M.	0.71			
Resumen	claro	claro	claro	claro	claro	claro	algunas nubes	claro	claro	algunas nubes	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro	claro							
Lluvia (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Temperatura °C	17	16	17	17	16	18	18	16	17	17	16	17	17	16	17	17	16	18	17	16	17	16	17	17	16	18	17	16	18	17	16	18	17	16	18	17	16	17	16	17	16	17	16	17	16	17			
Bajo °C	17	15	16	17	15	16	17	15	16	17	15	16	17	15	16	17	15	16	17	15	16	16	16	17	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15	16		
Enfriar °C	16	15	16	16	15	17	17	15	16	16	14	16	16	15	16	16	15	18	16	15	16	16	15	18	16	15	16	16	15	17	16	15	17	16	15	17	16	15	16	16	15	16	16	15	16	16	15		
Amanecer	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	-	-	6:35	
Puesta del sol	6:24	-	-	6:24	-	-	6:24	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25	-	-	6:25
Pronóstico a corto plazo:	Mayormente seco. Muy suave (máx. 18 °C el jueves por la mañana, mínimo 15 °C el martes por la noche). Principalmente vientos frescos.												Días 3-6 Resumen del tiempo Mayormente seco. Muy leve (máx. 18°C el lunes por la mañana, mínimo 15°C el viernes por la noche). Principalmente vientos frescos.						Días 6-9 Resumen del clima Mayormente seco. Muy leve (máx. 18°C el miércoles por la mañana, mín. 15°C el lunes por la noche). Principalmente vientos frescos.						Pronóstico a largo plazo: Mayormente seco. Muy suave (máx. 17°C el jueves por la tarde, mínimo 15°C el sábado por la noche). Vientos en aumento (vientos ligeros de la SSE el viernes por la noche, vientos frescos																								

Viento de superficie el sábado 23 de julio a las 7 p. m. PET

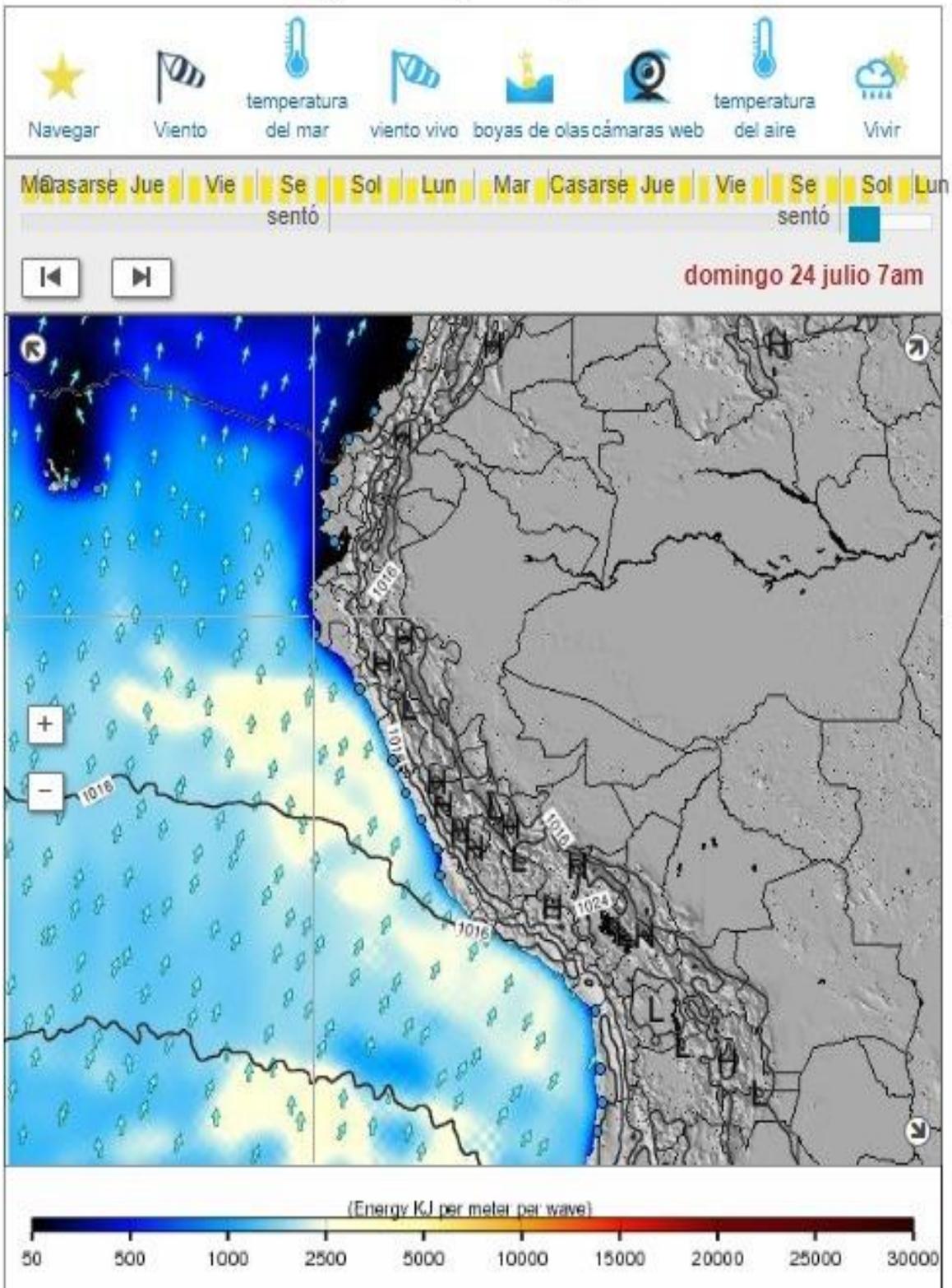


Las líneas muestran la presión y las flechas la dirección del viento Sábado 23 de julio a las 7 p. m.

Altura significativa de ola en metros el domingo 24 de julio a las 7 a.m. PET



Max Wave energy el domingo 24 de julio a las 7 a.m. PET

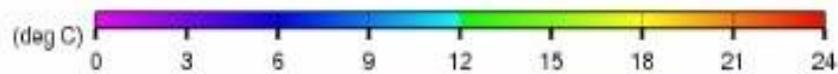
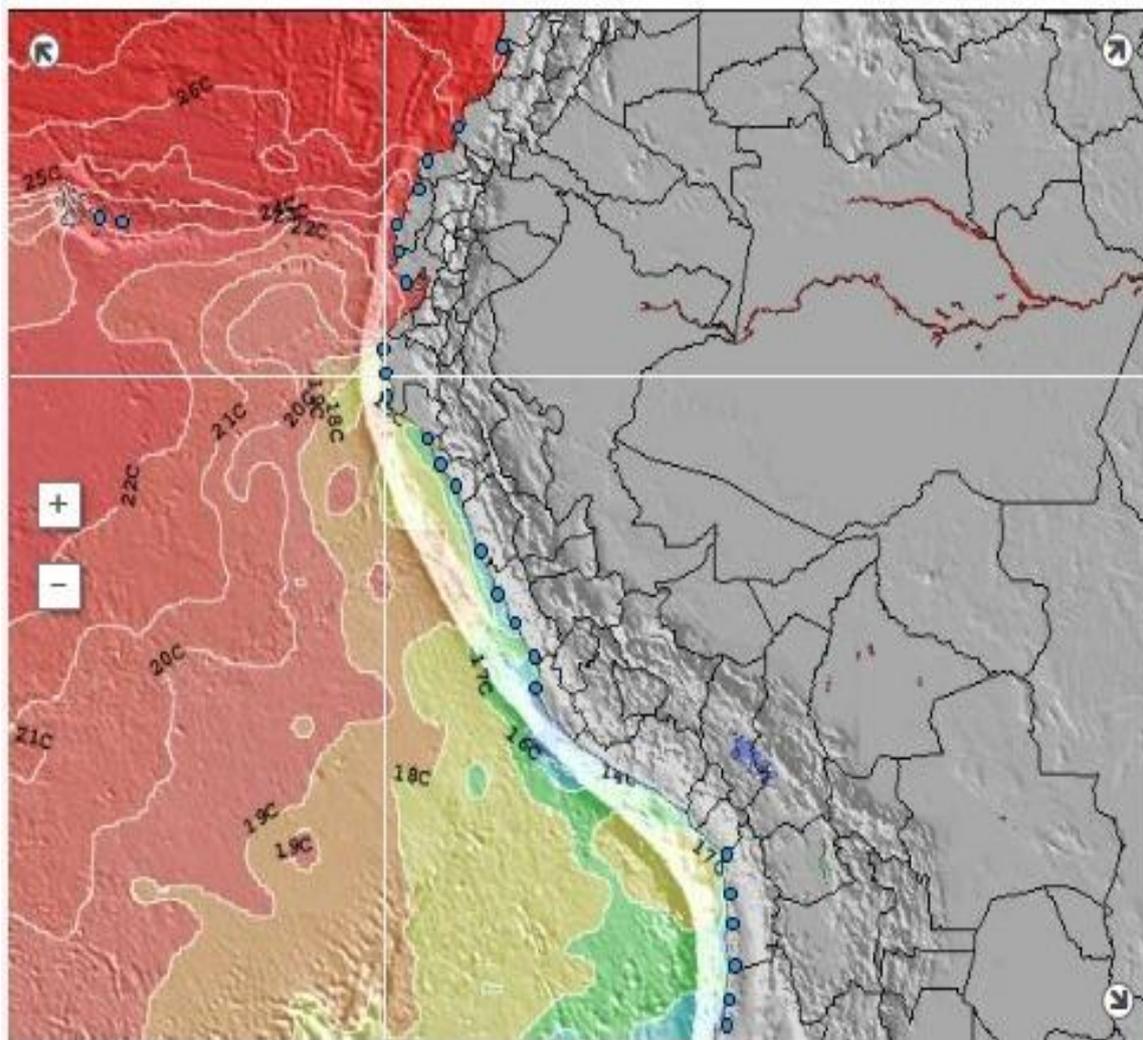


Presión a nivel del mar en milibares domingo 24 de julio a las 7 a. m.

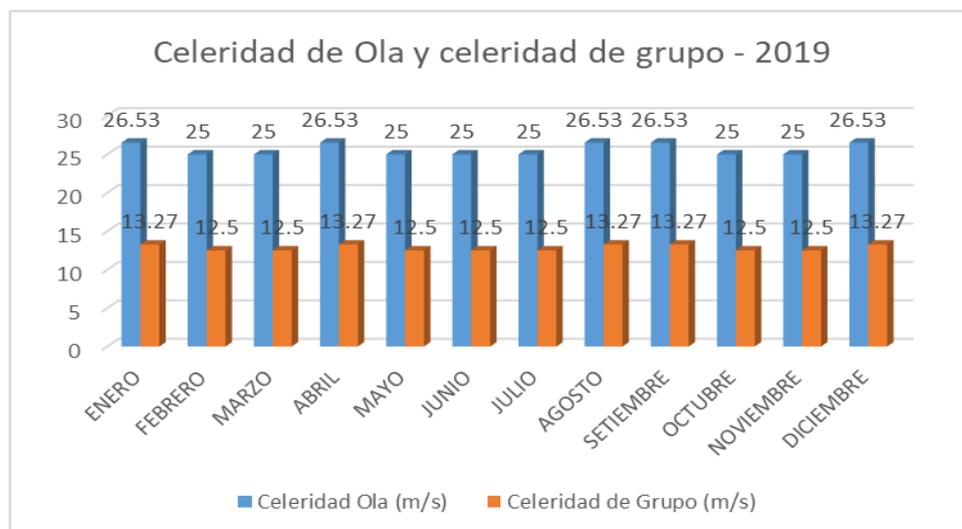
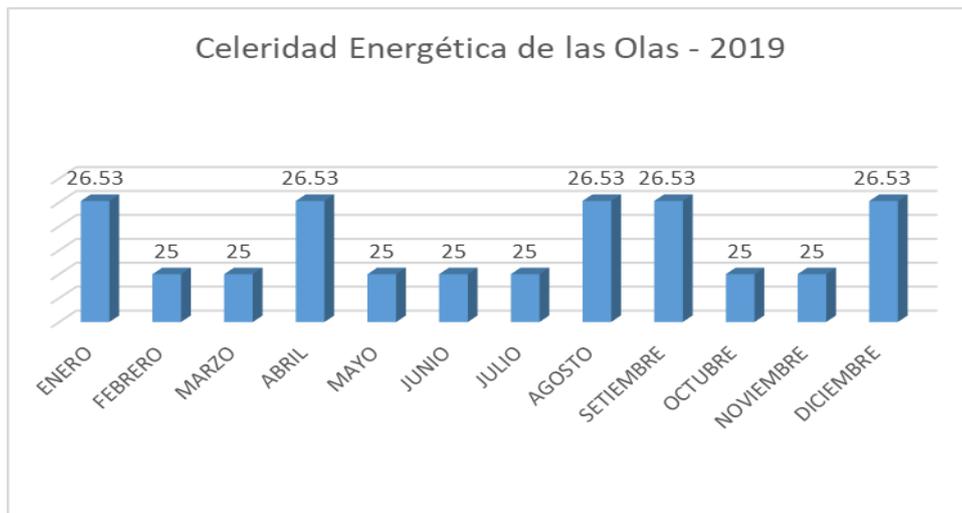
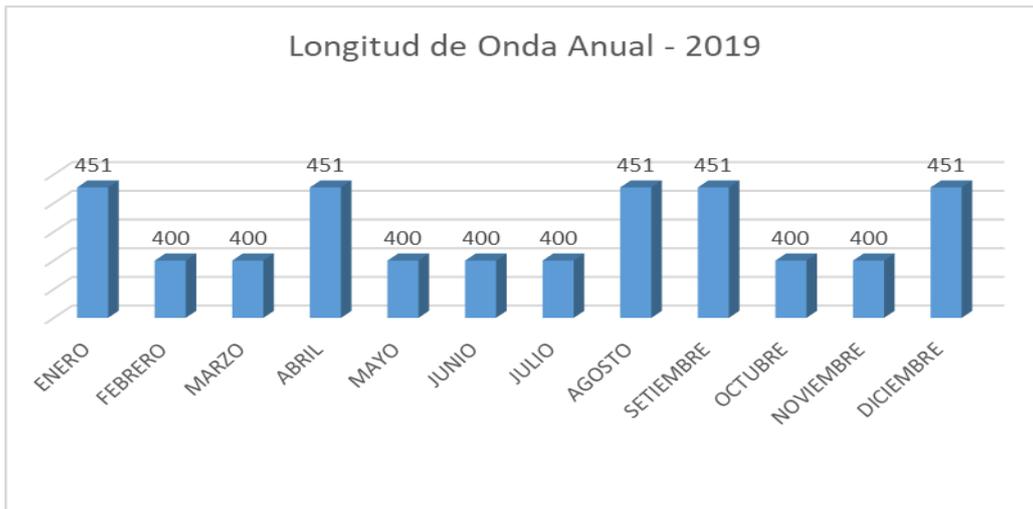
Temperaturas actuales de la superficie del mar en grados C

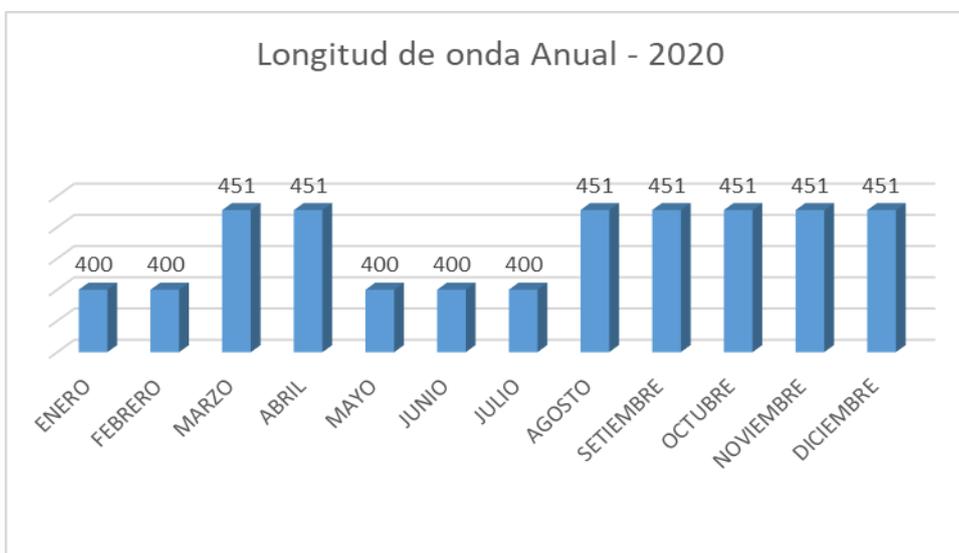
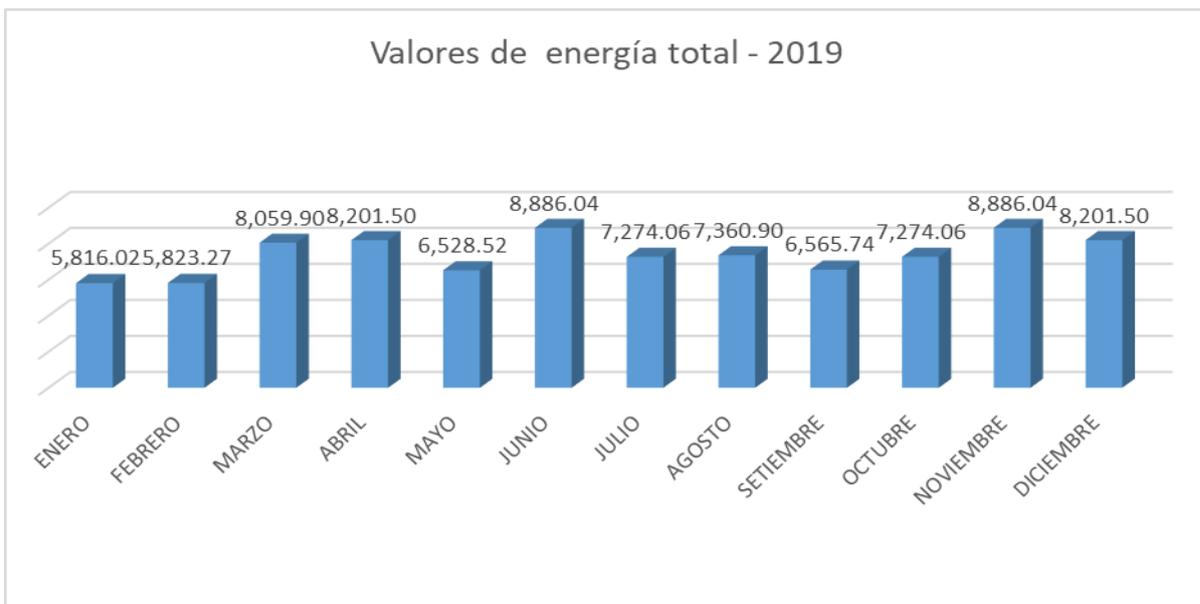
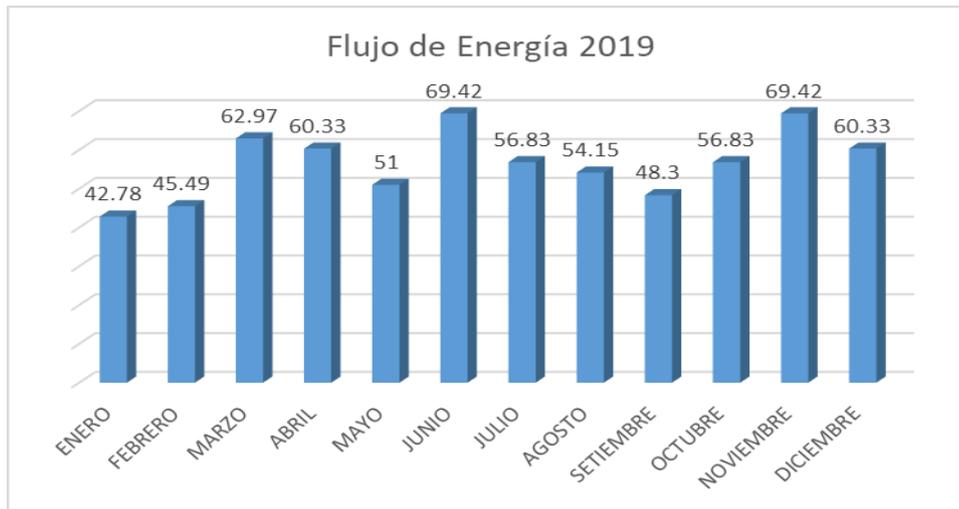
Navigation and data tool icons:

- Navegar (Star icon)
- Viento (Wind flag icon)
- temperatura del mar (Thermometer icon)
- viento vivo (Wind flag icon)
- boyas de olas cámaras web (Buoy icon)
- cámaras web (Eye icon)
- temperatura del aire (Thermometer icon)
- Vivir (Sun and cloud icon)

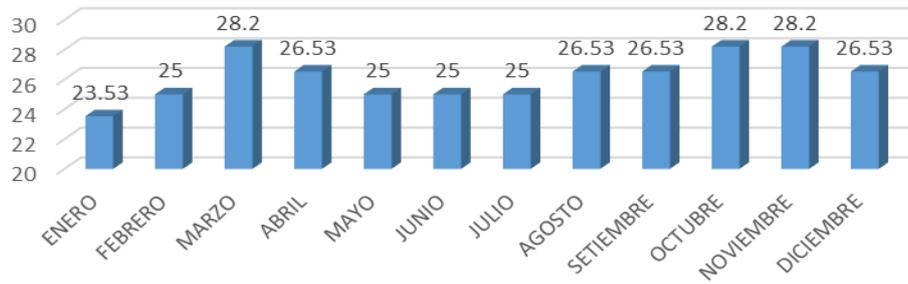


Anexo N°03: Análisis del potencial undimotriz año 2019 – 2020 – 2021.

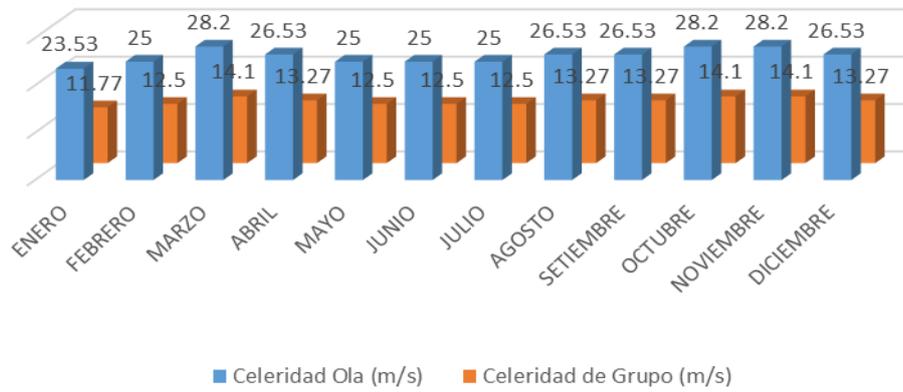




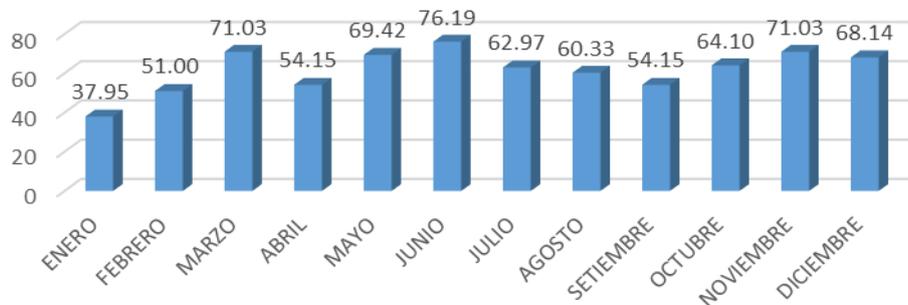
celeridad energética de las Olas - 2020



Celeridad de Ola y celeridad de grupo - 2020



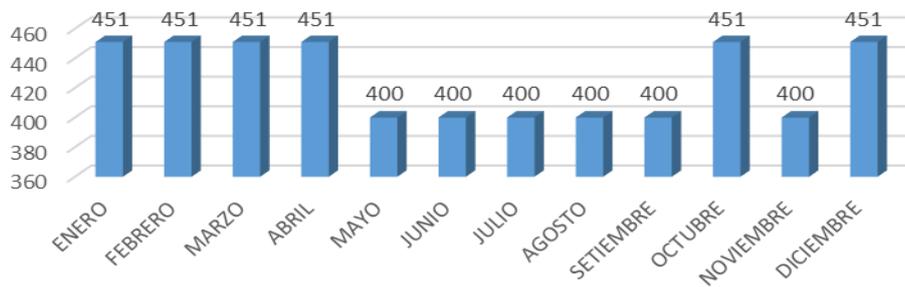
Flujo de Energia - 2020



Valores de energía total - 2020



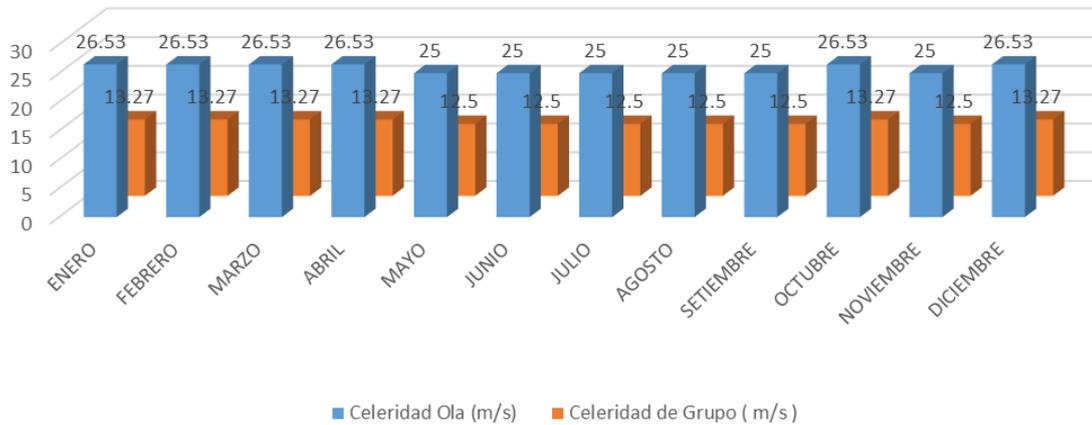
Longitud de Onda Anual - 2021



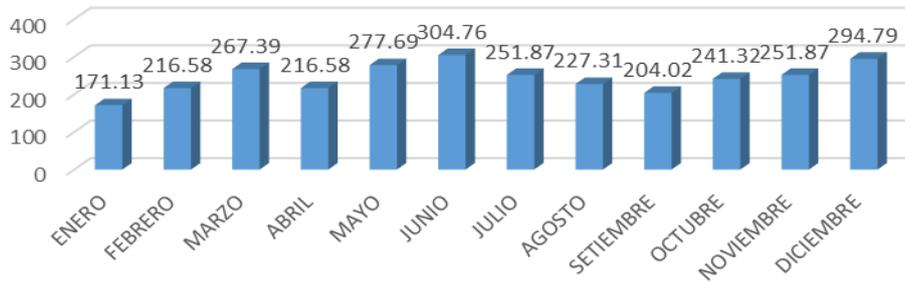
Celeridad energética de las Olas - 2021



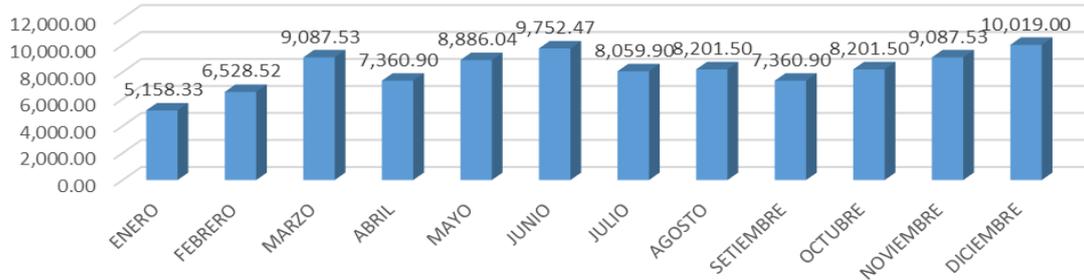
Celeridad de Ola y celeridad de grupo - 2021



Flujo de energía 2021



Valores de energía total - 2021



Anexo N° 04: Análisis documentario.

FORMATO DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS		
DATOS DE DILIGENCIAMIENTO		
Fecha de diligenciamiento		
Elaborado por		
Tiempo utilizado en el diligenciamiento		
DATOS DESCRIPTIVOS DE LA PUBLICACIÓN		
Fecha de la publicación		
Título del proyecto		
Autor/es		
Palabras claves		
Lugar de creación		
TÓPICOS RELEVANTES DE LA PUBLICACIÓN		
Descripción general	Objetivos	
	Justificación	
Fundamentación teórica	Enfoque	
Actividades		
Población participante		
Recursos		
Mecanismos para la generación de fuentes de información		
Análisis e interpretación		
Conclusiones/Discusión final		

Anexo N°05: Dispositivos undimotrices patentados.

NOMBRE DEL DISPOSITIVO	POTENCIA DEL DISPOSITIVO (Kw)	SUPERFICIE QUE OCUPA (m ²)	RATIO APROX. POTENCIA/SUPERFICIE	FLUIDO DE TRABAJO (aire, agua o aceite a presión)	INSTALACIÓN EN EL MAR PROFUNDO, MEDIO Y COSTERAS
OWC de Unión Fenosa	27	48	559	Agua de mar	Costera
Tapchan	400	7000	57	Agua de mar	Costera
El Pato Salter	2310	4050	570	Aceite a presión	Aguas profundas
OWC Clam	2500	2827	884	Aire	Aguas profundas
Cilindro de Bristol	2000000	1656000	1208	Agua de mar	Aguas profundas
Balsa de Cockerell	2000	5000	400	Aceite a presión	Aguas profundas
Buque Kaimei	2000	960	2083	Aire	Aguas profundas
Bomba de Manguera	110	113	973	Agua de mar	Aguas profundas
Bomba de pistón	45	64	707	Agua de mar	Aguas profundas
OWC NEL	2000000	1552000	1289	Aire	Aguas profundas
Convertidor de Belfast	75	51	1471	Aire	Costera
OWC Kvaerner	500	79	6366	Aire	Costera
OWC Sakata	60	360	167	Aire	Costera
OWC de Kujukuri	30	31	955	Aire	Costera
OWC de Pico	400	96	4167	Aire	Costera
BBDB	200	36	5556	Aire	Poco profundas
OWC Migthy Wale	110	1200	92	Aire	Poco profundas
OWC de China	30	40	750	Aire	Costera
OWC Energetech	500	875	571	Aire	Costera
OWC Limpet	500	84	5952	Aire	Costera
OWC Alda	1000	--	--	Aire	Costera
OWC Nereida	250	700	537	Aire	Costera
OWC Breakwave	750	525	1427	Aire	Costera
FWVP	1500	--	1019	Agua de mar	Aguas profundas
PowerBuoy	20	20	1531	Aceite a presión	Aguas profundas
Pelamis	750	490	118	Aceite a presión	Aguas profundas
Wavedragon	6000	51000	160	Agua de mar	Aguas profundas
SSG	12000	75000	1944	Agua de mar	Todo tipo de ubicación
Plataforma flotante de multiples convertidores	2520	1296	--	Aceite a presión	Aguas profundas
Wavestar	6000	1440	4167	Aceite a presión	Poco profundas
AWS	1200	90	13296	Aire	Poco profundas
Searev	500	375	1333	Aceite a presión	Aguas profundas
Wavebob	1500	225	6667	Aceite a presión	Aguas profundas
Oyster	500	216	2315	Agua de mar	Poco profundas
Waveroller	13	16	825	Aceite a presión	Poco profundas
Multiwave Plane	30	22	1374	Agua de mar	Poco profundas
Aquabuoy	500	157	3183	Agua de mar	Aguas profundas

Dispositivos undimotrices lideres

PAÍS	EMPRESA	DISPOSITIVO	TIPO	POTENCIA
REINO UNIDO	Wavegen	Limpet	Fixed OWC	500 kW
REINO UNIDO	Pelamis	Pelamis	Inertia	750 kW
REINO UNIDO	AWS Ocean Energy	Wave Swing	Inertia	2 MW
REINO UNIDO	Aquamarine Power	Oyster	Inertia	500 kW
DINAMARCA	Wave Dragon	Wave Dragon	Floating Overtopping	7 MW
DINAMARCA	Waveplane	Waveplane	Floating Overtopping	500 kW
DINAMARCA	Wavestar	Wavestar	Inertia	5 MW
AUSTRALIA	Oceanlinx	Oceanlinx	Floating OWC	2 MW
AUSTRALIA	Seapower Pacific	CETO	Inertia	180 kW
IRLANDA	Ocean Energy	OE buoy	Floating OWC	2 MW
IRLANDA	Wavebob	Wavebob	Inertia	2 MW
NORUEGA	WAVEnergy	SSG	Fixed Overtopping	150 kW
NORUEGA	Fred Olsen	FO3	Inertia	2.5 MW
CANADA	Finavera	Aquabuoy	Inertia	500 kW
ESTADOS UNIDOS	OPT	Powerbuoy	Inertia	150 kW

ANEXO N°06: Registro fotográfico caleta de pescadores La Islilla.









UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis Completa titulada: "Análisis del potencial energético Undimotriz para la generación eléctrica en Tumbes y Piura", cuyos autores son REYES CRUZ JOSEPH ALEXIS, CORDOVA LUNA NOE BELTRAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 22 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS DNI: 16720249 ORCID: 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 22- 07-2022 20:17:20

Código documento Trilce: TRI - 0361908