

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA
UNPHU**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA, CON
APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA UNDIMOTRIZ POWERBUOY
PB150, EN LA PLAYA CHIQUITA, PROVINCIA DE PUERTO PLATA,
REPÚBLICA DOMINICANA, 2021”**



TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Sustentantes:

Ariel Antonio Matos Uceta 15-0764

Juan José Hidalgo Bencosme 14-1913

Asesor:

Ing. Cesar Mercedes

Santo Domingo, D.N

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA
UNPHU**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DE UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA, CON
APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA UNDIMOTRIZ POWERBUOY
PB150, EN LA PLAYA CHIQUITA, PROVINCIA DE PUERTO PLATA,
REPÚBLICA DOMINICANA, 2021”**



TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Sustentantes:

Ariel Antonio Matos Uceta 15-0764

Juan José Hidalgo Bencosme 14-1913

Asesor:

Ing. Cesar Mercedes

Santo Domingo, D.N.

2021

**“DISEÑO DE UNA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA, CON
APROVECHAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA UNDIMOTRIZ POWERBUOY
PB150, EN LA PLAYA CHIQUITA, PROVINCIA DE PUERTO PLATA,
REPÚBLICA DOMINICANA, 2021”**

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

En primer lugar, gracias a Dios por la vida, por su amor, sus enseñanzas y su compañía. Gracias Señor por todo lo que me has dado, por guiarme por el buen camino y permitirme avanzar hasta esta etapa en la que estoy el día de hoy. Gracias Padre por la maravillosa familia, amigos y compañeros que has puesto en mi vida para acompañarme, guiarme y apoyarme en el camino a recorrer.

Gracias a mi tía, **Yolanda Uzeta Magarin**, por estar siempre a mi lado, por apoyarme y aconsejarme cada vez que la necesito. Gracias por tu amor, tu fidelidad, tu colaboración para que hoy en día yo pueda estar en esta etapa. Gracias por ser la segunda madre que eres para mí.

A mi madre, **Leonidas Uceta Magarin**, por traerme el mundo, por brindarme su amor, su cariño y su comprensión. Gracias por estar a mi lado siempre, por apoyarme, por ser la madre que eres y siempre orientarme claramente a lo que es bueno y lo que es malo.

A mi tío **Blas Martin Castro** y a todos mis familiares por el apoyo que siempre me han brindado, por cada uno aportar su granito de arena para que hoy sea quien soy. Gracias por ser la maravillosa familia que es y estar siempre presentes.

A **Serge Celestin Taveras, Rafaela Vargas Díaz, Jesús Enrique Sánchez, Katherine Montes de Oca, Juan José Hidalgo y Glory Polanco**, por ser mis amigos, mis hermanos y compañeros, por estar a mi lado y por ser quienes son en mi vida. Gracias por siempre darme su apoyo y su compañía.

A **Angee Almánzar, Joanny Martínez, María Pérez y Stalin Acosta**, por su insistencia y motivación para que cierre este ciclo y siga avanzando.

A mi familia y amigos de la UNPHU, por acompañarme en ese viaje e incluso después de él. Gracias por sus risas, su compañía y su apoyo.

A mi asesor, **Ing. Cesar Mercedes Frías**, por su instrucción y su enseñanza durante esta investigación y el ciclo universitario. Gracias por transmitirme parte de sus conocimientos y asistirme cada vez que lo necesite.

A todos los profesores y colaboradores de la UNPHU, porque cada uno tuvo su función y su aporte en este ciclo académico. Gracias por sus enseñanzas y su colaboración.

Ariel Antonio Matos Uceta

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Quisiera comenzar dándole gracias a Dios. GRACIAS por la vida, por darme luz cada mañana y paz cada noche. Gracias por permitirme ver llegar este momento, por mantenerme siempre fiel a ti hasta en los tiempos más difíciles.

A mi madre, **Sandra Bencosme Padilla**, mi ancla, mi motor. Gracias por cada palabra de aliento, por cada consejo, por cada empujón y por siempre apostar todo a mí.

Al padre que me regaló mi madre, **Giuseppe Di Cocco**, un ejemplo a seguir. Gracias por confiar en mí, gracias por cada consejo siempre acertado, por el apoyo en mi carrera universitaria y a la vez laboral.

Mami, Pepe; Gracias infinitas por su motivación e insistencia, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mi prima, **Yanilsa Bautista Bencosme**, una clara definición de mejor amiga, gracias por los consejos y el soporte en este camino.

A mis hermanos, amigos y compañeros que a lo largo de esta trayectoria aportaron a mi formación, a mis conocimientos y a mi vida. A los que se convirtieron en más que compañeros; **Ariel Matos, Serge Celestin Taveras, Katherine Montes de Oca, Glory Polanco, Kiara Méndez, Alberto González**, Gracias a cada uno de ustedes por la ayuda y la confianza depositada en mí. Gracias por el cariño.

Mi hermano, **Oscar Rivas** y su padre, **Pedro Rivas**, gracias por su apoyo, insistencia y motivación para dar cierre a este capítulo de mi vida.

A **Allan Serrano, Steven de los Santos, Yulianna López, Christian Forero, George Bonnelly, Carlos Vásquez, María Pérez** y el **Ing. Stalin Acosta**, Gracias porque de alguna u otra manera aportaron a mis conocimientos, a mi formación, a mi vida.

¡Gracias a mi familia, ustedes saben quiénes son, por su apoyo este logro es mío y de ustedes!

Gracias al **Ing. César Mercedes Frías** por su asesoría y apoyo en la elaboración de nuestro Proyecto de Grado. Gracias a los profesores y colaboradores de la UNPHU, por ustedes y su esfuerzo en forjarme soy el Ingeniero que soy. ¡Muchas gracias por los consejos, por la confianza y por todo lo que con ustedes he aprendido!

Gracias infinitas a cada uno de los que leen estas líneas. Sin ustedes, no hubiese sido posible.

No importa el tiempo que tomemos, simplemente ¡LO LOGRAMOS!

Juan José Hidalgo Bencosme

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	2
1.1.1. Preguntas de investigación	4
1.2. Objetivos de la investigación	4
1.3. Justificación	5
1.4. Definición del problema	5
1.5. Alcances y limitaciones	6
1.6. Antecedentes	6
CAPÍTULO II:	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Marco Conceptual.....	10
2.1.1. Historia	10
2.1.2. Energía renovable y sus ventajas.....	15
2.1.3. Tipos de energía renovable.....	16
2.1.4. Fundamentos de energía undimotriz	27
2.1.5. Olas.....	28
2.1.6. Predicción del Fenómeno	28
2.1.7. Fenómenos Principales de las Olas	29
2.1.8. Variación de la presión bajo la superficie	29
2.1.9. Densidad de las Olas en el Mundo	29
2.1.10. Clasificación de Dispositivos Captadores de Energía de las Olas.....	30
2.1.11. Diferencias de presión	33
2.1.12. Sistema de rebosamiento y/o impacto	37
2.1.13. Sistemas de Generación de Energía undimotriz.....	40
2.1.14. Convertidores de electrónica de potencia.....	41
2.1.15. Generador eléctrico rotativo	42
2.1.16. Generador Síncrono por inducción.....	43
2.1.17. Sistema de excitación sin escobillas (Brushless).....	44
2.1.18. Generador Síncrono por Imanes Permanentes.....	45
2.1.19. Ventajas del generador de imanes permanentes:.....	46
2.1.20. Características de los generadores síncronos a utilizar	47
2.1.21. Máquinas asíncronas utilizada.....	48
2.1.22. Características de los generadores asíncronos al conectarse a la red	49
2.1.23. Tipos de generadores lineales.....	51
2.1.24. Sistemas de transmisión de la energía undimotriz	52

2.1.25. Tipos de conexión para una generación undimotriz.....	53
2.2. Marco Contextual	56
2.2.1. Descripción y localización del área objeto de estudio.....	56
CAPÍTULO III:	59
MARCO METODOLÓGICO.....	59
3.1. Enfoque de la investigación.....	60
3.2. Tipo de investigación.....	60
3.3. Metodología de Investigación.....	60
3.4. Técnicas de investigación	61
3.5. Fuente de información	61
3.6. Población y muestra.....	61
3.6.1. Criterios de selección de la muestra	61
3.7. Análisis de los datos	62
CAPÍTULO IV:	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
4.1. Análisis y desarrollo de una minicentral Hidroeléctrica en Playa Chiquita	64
4.2. Descripción del dispositivo POWER BUOY	64
4.3. Funcionamiento del dispositivo	65
4.4. Diseño del dispositivo Power Buoy.....	66
4.5. Emplazamiento del equipo.....	68
4.6. Determinación número de dispositivos.....	68
4.6.1. Estimación del oleaje en Playa Chiquita	68
4.6.2. Estimación de la potencia de la PowerBuoy (Boya de poder)	68
4.6.3. Cálculo potencia y consumo eléctrico	69
4.6.4. Cantidad de dispositivos.....	70
4.7. Metodología de instalación PowerBuoy	71
4.8. Instalación de amarre	71
4.9. Instalación de POWERBUOY.....	73
4.10. Período de Instalación, operación y mantenimiento del dispositivo captadores de olas POWERBUOY.....	75
4.11. Subestación submarina (Underwater Substation Pod - USP)	76
4.12. Características de la subestación Submarina USP	77
4.13. Fiabilidad y ciclo de vida	79

4.14.	Conectores de la Subestación Submarina	80
4.15.	Potencia del transformador offshore	80
4.16.	Transformador a utilizar.....	81
4.17.	Características del transformador sumergible a utilizar.....	81
4.18.	BIL (Nivel Básico de Aislamiento) del Transformador.....	83
4.19.	Distribución de la energía eléctrica generado por sistema undimotriz	83
4.20.	Esquema sistema de generación energía undimotriz	84
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		88
BIBLIOGRAFÍA		90
ANEXOS		92

Listado de figuras

Figura 2.1: Sistema de energía eólica.

Figura 2.2: Ciclo de la Biomasa.

Figura 2.3: Planta de cogeneración calor y electricidad.

Figura 2.4: Planta de cogeneración con biogás.

Figura 2.5: Ciclo de la Biodiésel.

Figura 2.6: Sistema de energía solar.

Figura 2.7: Clasificación del aprovechamiento de la energía del mar y cuantificación del recurso

Figura 2.8: Presa de Marea

Figura 2.9: Esquema de energía mareomotriz Dinámica

Figura 2.10: Creación de la ola

Figura 2.11: Energía de la ola

Figura 2.12: Mapa mundial de la densidad de las olas

Figura 2.13: Clasificación de los convertidores según su ubicación

Figura 2.14: Clasificación de captadores de energía de las olas según su ubicación

Figura 2.15: Clasificación de captadores de energía de las olas según su principio de captación de energía

Figura 2.16: Columna oscilante de agua

Figura 2.17: Funcionamiento del sistema de generación de energía mediante el efecto Arquímedes

Figura 2.18: Funcionamiento del sistema de generación del Pelamis

Figura 2.19: Sistema Pelamis

Figura 2.20: Funcionamiento del sistema de generación Wave Dragón

Figura 2.21: Clasificación de captadores de energía de las olas según su tamaño y orientación respecto al oleaje.

Figura 2.22: Generador Eléctrico rotativo

Figura 2.23: Sistema de excitación Propia

Figura 2.24: Sistema auto excitado

- Figura 2.25:** Excitación rotativa sin escobillas (brushless)
- Figura 2.26 :** Generador síncrono con imanes permanentes
- Figura 2.27:** Rotor Jaula de Ardilla
- Figura 2.28:** Rotor bobinado de anillos rozantes
- Figura 2.29:** Conversión de una máquina eléctrica rotativa a lineal
- Figura 2.30:** Máquina eléctrica lineal plana y tubular
- Figura 2.31:** Características de los Generadores lineales
- Figura 2.32:** Conexión A energía undimotriz
- Figura 2.33:** Conexión B energía undimotriz
- Figura 2.34:** Conexión C energía undimotriz
- Figura 2.35:** Conexión D energía undimotriz
- Figura 2.36:** Mapa de la ubicación de la Playa Chiquita, Sosúa, Puerto Plata
- Figura 2.37:** Ubicación del área objeto de estudio
- Figura 2.38:** Ubicación del área objeto de estudio dentro de costa Cabo Francés Viejo - La Isabela
- Figura 2.38:** Profundidades del área objeto de estudio
- Figura 4.1.** OPT PowerBuoy
- Figura 4.2:** Diseño del dispositivo Power Buoy
- Figura 4.3:** Dimensiones del dispositivo Power Buoy en metros
- Figura 4.4:** Instalación de amarre
- Figura 4.5:** Powerbuoy
- Figura 4.6:** Powerbuoy
- Figura 4.7:** Subestación submarina
- Figura 4.8:** Instalación de los equipos de generación en la subestación submarina
- Figura 4.9:** Estructura interna de la subestación submarina
- Figura 4.10:** Estructura de la Subestación Submarina (USP)
- Figura 4.11:** Conectores de la Subestación Submarina (USP)
- Figura 4.12:** Transformador Sumergible
- Figura 4.13:** Ubicación Subestación Eléctrica Edenorte Sosúa

INTRODUCCIÓN

La energía hidroeléctrica comparte las ventajas de ser autóctona, limpia, e inagotable, como el resto de las energías renovables, y que además se encuentra en un punto muy avanzado y eficiente con respecto al desarrollo tecnológico. Se trata de una energía con las menores repercusiones medioambientales siendo no contaminante e ilimitada.

Desde hace varios años, las sociedades modernas han comprendido la necesidad de cambiar las tendencias energéticas de cara al futuro. Algunos problemas medioambientales serios como el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono son provocados, entre otras causas, por el aumento de las emisiones de CO₂ que a lo largo de los últimos años han provocado las energías basadas en los combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo. Las actuales políticas nacionales, los acuerdos y tratados internacionales son un reflejo de esa concienciación e incluyen como objetivo prioritario un desarrollo sostenible que no comprometa los recursos naturales de las futuras generaciones.

Las energías renovables que provienen de una fuente inagotable en la escala de tiempos del ser humano como es el Sol y no emiten gases de efecto invernadero, entre otros beneficios, son una de las piezas clave en la construcción de un sistema de desarrollo sostenible. Algunas de estas energías han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables, la energía hidroeléctrica ocupa un papel importante, ya que es capaz de dar respuesta a los picos de demanda de los sistemas eléctricos, además de tratarse de una energía autóctona con poca dependencia exterior en comparación con el petróleo, cuyo precio fluctúa enormemente por la situación de inestabilidad de los países productores.

Las centrales hidroeléctricas de menos de 10 MW son denominadas centrales minihidráulicas y suponen un gran paso hacia el aprovechamiento de todo el potencial hidroeléctrico ya que, comparadas a las grandes centrales implantadas en los grandes saltos hidrológicos, pueden ser instaladas en multitud de emplazamientos que de otra forma no serían aprovechados, además de suponer un menor impacto medioambiental.

Se redacta el siguiente proyecto en el que se desarrolla el diseño de un aprovechamiento hidroeléctrico, así como la guía de etapas a llevar a cabo para su elaboración, con un ejemplo de minicentral en la Playa Chiquita, provincia de Puerto Plata, República Dominicana.

Tiene como objetivo potenciar las fuentes de energía renovables, utilizando la energía mini-hidroeléctrica, y obtener energía eléctrica de una forma limpia y no contaminante utilizando cualquier recurso de agua. Para ello se realiza un aprovechamiento hidroeléctrico de las aguas en la Playa Chiquita, provincia de Puerto Plata, República Dominicana, realizando un modelo de posible minicentral hidroeléctrica a modo de ejemplo, que permita utilizar el recurso hídrico siendo compatible con los valores medioambientales de la propia playa.

Se define también las características, detalles y condiciones técnicas de una posible minicentral eléctrica, con las obras correspondientes, equipos electromecánicos, eléctricos y automatismos de control, llegando a calcular la energía que podría generarse.

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y formulación del problema

En la República Dominicana, uno de los mayores problemas en las comunidades es la deficiencia en el servicio de abastecimiento energético ya sea por robo de energía, el deterioro de las redes eléctricas y/o la poca cultura de pago. Con el paso de los años se ha ido buscando la manera de suplir y hacer más eficaz el sistema eléctrico en las comunidades. No obstante, seguimos contando con un problema de mayor magnitud como es el de generar la mayor parte de nuestra energía eléctrica a partir de combustibles fósiles.

En República Dominicana más del 60% de las empresas generadoras de energía generan su energía por medio de combustibles fósiles. En el año 2010 las generaciones de energía abarcaban más del 61% de la emisión total de CO₂, donde las fuentes primarias de energía eran: 38.82% derivados del petróleo, 20.24% gas natural, 13.62% carbón mineral, 4.18% hídricos, 15.51% leña, 7.08% bagazo y 0.56% otras fuentes primarias.

Debido a las grandes producciones de gases de efecto invernadero y el gran impacto que estos tienen en el calentamiento global, muchos países están sustituyendo la generación de energía a través de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable. Según el Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2018, de la Asociación de Empresas de Energías Renovables las energías renovables aumentaron en un 0.4% su contribución al consumo de energía primaria en el 2018, situándose en el 10.8% del total y siendo la cuarta fuente en consumo de energía primaria en el mundo.

A medida que han pasado los años se han desarrollado una serie de obras y/o diferentes tipos de tecnologías, a fin de aprovechar las diferentes fuentes de energía renovable que nos ofrece el medio que nos rodea. Actualmente, en República Dominicana, se aprovechan fuentes de energía tales como: agua, viento, sol y biomasa. En el 2019 la matriz de generación eléctrica contemplaba un 6.1% de la energía eléctrica a través de hidroeléctricas, un 4.6% por medios eólicos, un 1.3% aprovechando biomasa y un 1% con tecnología solar fotovoltaica.

Debido a la relevancia que tiene el calentamiento global, se hace imperativo seguir buscando e implementado soluciones que reduzcan la progresión de este fenómeno y que a su vez fomenten un avance o desarrollo. Los avances tecnológicos nos han orientado a innovar con nuevas fuentes de energía limpia, estable e infinita, como es la energía undimotriz. Dicha fuente de energía se viene investigando desde la década de 1980 y al día de hoy se han obtenido muchos avances que se pueden implementar en la República Dominicana como alternativa y/o solución energética.

El sector eléctrico dominicano se caracteriza por intentos de mejoras, con historias de éxitos y fracasos, destaca un documento de la ADIE. Apunta que los primeros pasos de mayor avance se dieron entre 1955 a 1966 con la construcción de 15 líneas de transmisión de 69 kilovattios, cinco líneas de transmisión de 12.5 kilovattios, 709,667 metros de nuevas líneas de distintos voltajes y 5,187 postes, incluyendo los usados para distribución.

También en esa época se hicieron otras reformas institucionales. Sin embargo, señala que durante la década de los 70's el servicio eléctrico era precario y aunque la ampliación

del parque de generación continuó en gran parte de la década de los 80's, lo hizo con fallos continuos en el servicio, pérdidas de electricidad y déficits operativos de la Compañía Dominicana de Electricidad (CDE) que limitaban su capacidad de invertir para mejorar la calidad de generación y suministro de energía.

En virtud de lo anterior, se propone el diseño de una minicentral hidroeléctrica en la Playa Chiquita, ubicada en la provincia de Puerto Plata, República Dominicana, aprovechando el dinámico oleaje que se produce en esta, como un método alternativo para generar energía y a su vez como una solución al problema energético de dicha provincia.

1.1.1. Preguntas de investigación

- a) ¿Cuál es el lugar más conveniente para emplazar la minicentral hidroeléctrica?
- b) ¿Cuánto es el promedio de producción del dispositivo a implementar?
- c) ¿Qué requerimientos tiene este mecanismo?
- d) ¿Qué proceso se llevará a cabo para instalar los equipos?
- e) ¿Cómo se distribuirá la energía producida?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar una Minicentral Hidroeléctrica, con aprovechamiento tecnología undimotriz Powerbuoy, tomando en cuenta uno de los puntos con mayor oleaje de la provincia y un punto de interconexión cercano para su distribución.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Conocer cuál es el lugar más conveniente para emplear la minicentral hidroeléctrica.
- b) Determinar cuál es el promedio de producción del mecanismo a emplazar.
- c) Identificar los tipos de requerimiento de este mecanismo.

- d) Identificar el proceso a llevar a cabo para la instalación de los equipos.
- e) Determinar cómo será la interconexión de la energía producida.

1.3. Justificación

Las fuentes de energía no renovable y la mala utilización de la energía, está generando cambios climáticos y degenerando el medio ambiente, por eso es necesario buscar fuentes de energía renovable como la energía hidroeléctrica ya que es un recurso sumamente abundante en nuestro país.

Con la instalación de la esta minicentral Hidroeléctrica ubicada en la Playa Chiquita, buscamos suministrar electricidad para unos 1000 habitantes cercanos a la costa. Esta minicentral, como toda actividad, genera un impacto al medio ambiente, pero en este caso será instalada en un ecosistema que ya está modificado y en el cual se puede aprovechar la energía que se produce en el mismo como un beneficio para los habitantes cercanos a la costa.

La energía undimotriz permite la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas. El país aprovechará este sistema para generar energía libre de contaminación al medio ambiente y desde una fuente renovable ilimitada, la cual puede utilizar para suplir parte de la demanda energética de la zona de emplazamiento como también para su venta.

1.4. Definición del problema

La contaminación medio ambiental es uno de los problemas que más afecta al mundo. La industrialización de muchos países y la generación eléctrica que utilizan combustibles fósiles han contaminado la atmósfera, mediante la expulsión de toneladas de dióxido de

carbono al ambiente, provocando el calentamiento global producido por los gases de efecto invernadero, aumentando la temperatura del planeta conocidas como olas de calor, sequías en unas zonas y en otras inundaciones.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

Este trabajo contempla el diseño de la minicentral hidroeléctrica hasta la selección del equipo y la toma de decisión de su correcto emplazamiento.

1.5.2. Limitaciones

Este trabajo se enfoca en investigar si la implementación de la tecnología powerbuoy sería funcional y eficiente para la producción de energía, por lo cual no contempla estimado de costos.

1.6. Antecedentes

Dentro de los antecedentes nacionales consultados para esta investigación tenemos el trabajo de grado realizado en el año 2013 fue presentado a la Facultad de Ciencias y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), el trabajo de grado denominado **Diseño Hidráulico y Mecánico de la Central Mini Hidroeléctrica del Embalse del Río Socoa en la comunidad de Sabana Larga (Sabana Grande de Boya)**, por Tejada, Henry Emil y Amparo, Marcos Alejandro, como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil. La investigación se realiza con el objetivo de suplir energía eléctrica a las comunidades de Sabana Larga, Gonzalo, Los Limones, Sabana Grande de Boyá y las zonas aledañas. La misma es una investigación de tipo exploratoria, realizada mediante la recolección y análisis de datos e informaciones, como también trabajo de campo. Dentro de los resultados obtenidos por esta investigación se obtuvo que la mini hidroeléctrica

diseñada tiene la capacidad de generar una potencia 805 Kw, de forma constante, por lo que se concluyó que la mini hidroeléctrica tiene la capacidad de abastecer 7% de la población en cuestión.

De igual manera, en el año 2019 fue presentado a la Facultad de Ciencias y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU), el trabajo de grado denominado **Diseño hidráulico de una Mini Central Hidroeléctrica en el Arroyo Tábara, Municipio Tábara Arriba, Azua de Compostela, República Dominicana, 2019**, por Montes de Oca Pérez, Katherine R. y Ramírez Martínez, Kiara W., como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil. Esta investigación se realiza con el objetivo de diseñar una alternativa para solucionar el problema energético del municipio cabecera de Tábara Arriba, provincia Azua de Compostela y a su vez generar energía a través de una fuente de energía renovable. La misma es una investigación de tipo descriptiva-exploratoria, realizada mediante la recolección de documentos bibliográficos, foros, datos estadísticos, información investigada con anterioridad y trabajo de campo. Dentro de los resultados obtenidos por esta investigación se obtuvo que la minicentral hidroeléctrica diseñada tiene una capacidad de generar una potencia teórica 275 Kw, por lo que se concluyó que la misma tiene la capacidad de abastecer la comunidad de 3066 habitantes de Tábara Arriba, la cual tiene una demanda energética entre 180 a 500 Kw.

Por otra parte, también se consultaron antecedentes internacionales tales como trabajo titulado **Estudio del comportamiento de un mecanismo de boyas para obtener energía undimotriz**, realizado por Correa Hernández, Daniela Patricia en el año 2016, como requisito para optar por el título de Ingeniera Civil Mecánica en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Este se

desarrolla con el objetivo de estudiar la interacción que tiene un equipo undimotriz conformado por una boya y un brazo mecánico, en las costas chilenas y optimizar la potencia eléctrica que es posible obtener de ellas. El mismo se realiza mediante la recolección de información bibliográfica, trabajo de campo, desarrollo de simulaciones, análisis y estudio de datos. Esta investigación arroja que, con la implementación del mecanismo en estudio, dentro de las zonas estudiadas, la potencia eléctrica promedio oscila entre unos 43 Kw. Dentro de las conclusiones más relevantes de esta investigación se indica, que al implementar la tecnología en estudio es de mucha importancia definir las características del oleaje al que se enfrentara el equipo, ya que con ellas se puede desarrollar un circuito hidráulico acorde que permita la optimización de la absorción de energía.

Así mismo, también se consultó el trabajo de grado realizado en junio 2016, para la Universidad de La Laguna, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval, por Gutiérrez Fumero, Jorge, titulado **Aprovechamiento de la Energía de las Olas. Energía Undimotriz**. Esta investigación tuvo como objetivo conocer las olas y sus características básicas, como también entender las mismas aplicadas a la energía undimotriz. La misma se lleva a cabo mediante el análisis y recolección de datos e información. Dentro de las conclusiones a las que se llegó con esta investigación es que, debido a la Teoría de Olas somos capaces de predecir el comportamiento del oleaje en un período concreto de tiempo, al menos dentro de un amplio margen de error debido a las causas naturales.

Con la consulta de estas investigaciones, tanto nacionales como internacionales, se obtuvo una mayor comprensión y entendimiento del comportamiento de las olas y las diferentes tecnologías para captar la energía de estas, como también el funcionamiento e implementación de una minicentral hidroeléctrica. Debido a estas se tiene un mayor criterio para el levantamiento de datos, recolección de información y toma de decisión al momento de realizar el trabajo de grado.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Historia

Primera hidroeléctrica del mundo

Según La Junta Municipal De Agua Potable Y Alcantarillado De Culiacán (JAPAC), en el reporte Appleton Edison: El primer hidroeléctrico del mundo, indica:

Resulta prácticamente imposible determinar la fecha exacta en la que el hombre consiguió almacenar agua de forma masiva para su uso posterior, sin embargo, lo que sí podemos conocer es la fecha en la cual el almacenaje de agua sirvió no solo para el consumo del vital líquido, sino también para generar electricidad.

Esta fecha fue el 30 de septiembre de 1882, en la que se construyó la Primera Presa Hidroeléctrica del mundo, ubicada en el río Fox en Wisconsin, Estados Unidos. Esta presa se convirtió posteriormente en la Compañía de Luz Appleton Edison, y fue ideada y creada por el Sr. H.F. Rogers quién tomó como inspiración el trabajo de Thomas Edison, pero a diferencia de los postulados del afamado científico que proponía el empleo del vapor, a Rogers se le ocurrió que el agua pasando a través de una turbina podría generar electricidad también.

Cuando la planta inició operación produjo suficiente electricidad para iluminar la casa de Roger, la planta misma y unas cuantas edificaciones colindantes, algo que no parecía un gran avance, pero que con el tiempo y el desarrollo de la tecnología hoy en día es una de las principales fuentes de energía eléctrica del mundo.

Existen algunas controversias, ya que algunos datos señalan que la primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña, sin embargo, la historia reconoce a Rogers como el pionero y precursor de las presas y centrales hidroeléctricas.

Centrales de energía undimotriz en el mundo

Según Raquel Ramos, 2011, España es el país Europeo pionero en el estudio de la energía undimotriz. La mayoría de las centrales son aún proyectos piloto, la energía obtenida no se comercializa debido a que se está viendo qué tecnología es más eficaz y cuál es la menos costosa. Podemos encontrar varias centrales en España, algunas de ellas son:

-Central de Santoña (Cantabria): es la primera planta de este tipo operativa en Europa, se empezó a construir en el 2006. Está situada aproximadamente a tres kilómetros de la costa y está formada por 10 boyas suspendidas en la superficie y ancladas al suelo marítimo. Una boya puede generar hasta 40 kW y las nueve restantes 150 kW. Cuando estén en funcionamiento las 10 boyas la energía que se obtendrá será de 1.400 kW anuales, esto equivale al consumo doméstico de unos 2.500 hogares. Se prevé una reducción de 2.600 toneladas de CO2 anuales cuando la central esté en pleno funcionamiento. La promotora que la gestiona es IBERDROLA Energías Marinas de Cantabria, S.A.

-Central de Mutriku (Guipúzcoa): está situada en el exterior del dique de abrigo del puerto de Mutriku. Cuenta con la tecnología denominada Columna de Agua Oscilante (CAO o OWC en sus siglas en inglés), está formada por 16 turbinas, tiene una potencia total de 300 kW y se piensa que producirá 600.000 kWh/año. Con esta energía se abastecerán a unas 600

personas y se evitará la emisión de 600 toneladas de CO2 anuales. Es la primera instalación marina conectada a red en funcionamiento en España.

Además de las dos centrales que he mencionado antes podemos encontrar más cómo es el caso de la central de Granadilla (Tenerife) o la tecnología de Pelamis que se está estudiando en Galicia.

En el resto de Europa están las de Portugal y Escocia, están orientadas a la investigación, aunque la central de Póvoa de Varzim (Portugal) puede vender su energía gracias a las ayudas de las instituciones. En Póvoa de Varzim se está utilizando la técnica de Pelamis y en la isla de Islay en Escocia la técnica de Columna de Agua Oscilante.

Hidroeléctricas en República Dominicana

La República Dominicana incursionó por primera vez en la hidroenergía en el año 1926, con la instalación en San Juan de la Maguana de una modesta turbina hidráulica con potencia de 44 caballos de fuerza (HP), que funciona acoplada a un motor eléctrico.

Dieciséis años después, en 1942, fue construida la central hidroeléctrica Inoa, ubicada en San José de las Matas, provincia de Santiago, que además de producir la energía eléctrica que necesitaba la comunidad, servía al mismo tiempo para abastecer a la población de agua potable. De igual modo, la construcción de la hidroeléctrica San José de Ocoa, en 1946, permitió mejorar el servicio eléctrico en la zona de su influencia, con una potencia de 250 Kw.

Cuando en 1973 entró en servicio el complejo hidroeléctrico de la Central Tavera, se unió a otras dos centrales ya existentes: Jimenoa (1950), en Jarabacoa y las Damas (1967), en Duvergé, provincia Independencia, para formar parte del Sistema Eléctrico Nacional.

Ese hecho trascendental dio origen al nacimiento de una nueva unidad operativa en la Corporación Dominicana de Electricidad (CDE): la Supervisión de Plantas Hidroeléctricas, departamento dependiente de la Superintendencia de Plantas, la cual a su vez estaba subordinada a la Administración General de la CDE. Como organismo rector, la Superintendencia era, en esos momentos, responsable de la operación y mantenimiento de la producción energética estatal.

Con las entradas a línea de Valdesia (1957) y Rincón (1978), la CDE dispuso una reestructuración en su organización, en la cual la Superintendencia de Plantas pasó a ser la Dirección de Producción, y la Supervisión de Plantas Hidroeléctricas fue elevada de categoría, pasando a llamarse Gerencia de Plantas Hidroeléctricas.

En 1992, la incorporación de las centrales Jigüey y Aguacate aumentó en un 67.89% la potencia instalada del parque hidroeléctrico. Como consecuencia de un estudio realizado por la firma española Unión Fenosa, en 1995 se produjo una nueva elevación de categoría de la Gerencia de Plantas Hidroeléctricas, convirtiéndola en Subdirección de Plantas Hidroeléctricas.

A partir de ese momento, el mapa hidroeléctrico de la CDE se divide en cuatro sectores: Sector Norte que abarcó las centrales Tavera, Angostura y Baiguaque; Sector Centro, con las

centrales Jimenoa, El Salto, Rincón, Hatillo y Río Blanco; Sector Nizao, con las centrales Valdesia, Jigüey, Aguacate, Nizao y Najayo; y por último, el Sector Sur, abarcando las centrales Las Damas, Sabana Yegua y Sabaneta.

Cuando inició el proceso de capitalización, los sectores Norte y Centro se fundieron en uno solo denominado Sector Norte, mientras que los sectores Sur y Nizao pasaron a constituir el denominado Sector Sur. A su vez, la Subdirección que había sido elevada a la categoría de Dirección en el año 1997, pasó a denominarse Generadora Hidroeléctrica, en el año 1998.

Así continuó por varios años, hasta que en fecha 26 de julio de 2001, el Poder Ejecutivo promulgó la Ley General de Electricidad Núm. 125-01, que establece el marco regulador general del subsector eléctrico, con aplicación a la producción, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, y que al mismo tiempo definió las funciones y facultades de los organismos del estado relacionados con esta materia.

La Ley Núm. 125-01, contemplaba la creación de EGEHID en un plazo de 90 días, pero fue realizada el 02 de noviembre de 2007, cuando el Poder Ejecutivo, en cumplimiento del artículo 138 de la referida Ley, emitió el Decreto Núm. 628-07, mediante el cual se creó formalmente la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID).

Dicho Decreto establece que esta Empresa tiene carácter estrictamente estatal, con personería jurídica, patrimonio propio y está en capacidad de contraer obligaciones comerciales contractuales, según sus propios mecanismos de dirección y control. (Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID), 2014)

2.1.2. Energía renovable y sus ventajas.

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotable e indefinida. Por ejemplo, la energía solar, la energía eólica o la energía mareomotriz son fuentes renovables de energía. También se consideran renovables cuando se obtienen a partir de fuentes que se regeneran con el tiempo de manera natural, como la masa forestal.

Una de las principales ventajas de las energías renovables es que, además de ser inagotables, presentan un nulo o bajo impacto negativo sobre el medio ambiente, por lo que se consideran energías limpias. En la actualidad las energías renovables son una realidad presente en nuestra sociedad y sus beneficios para el medio ambiente son más que evidentes. (Cuidemos el planeta (2018). Energías renovables)

Ventajas ambientales:

- La principal ventaja es la prácticamente nula emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes que contribuyen al cambio climático.
- Ayudan a disminuir enfermedades relacionadas con la contaminación.
- No necesitan grandes cantidades de agua para su funcionamiento
- Reducen la necesidad de industrias extractivas en la medida que se evita el uso de combustibles fósiles.
- No crean problemas de basura difíciles de resolver, como la eliminación de residuos nucleares o escorias.
- Pueden reducir la necesidad de proyectos hidroeléctricos de gran escala con los consecuentes efectos de inundación y erosión.

Ventajas económicas:

- Reducción de las tarifas en los servicios de luz, agua y gas.
- Generación de empleos directos (trabajadores de la construcción, desarrolladores, fabricantes de equipo, diseñadores, instaladores, financieros).
- Generación de empleos indirectos (en la agricultura, al expandir los sistemas de riego, en la ganadería y avicultura, con la instalación de establos electrificados, en el comercio y los servicios).
- Para los ayuntamientos, la reducción del coste de los servicios municipales de energía eléctrica (alumbrado público, bombeo de agua y edificios públicos).

Ventajas sociales:

- La posibilidad de llevar energía eléctrica a comunidades remotas, y en la promoción del desarrollo de dichas comunidades.

2.1.3. Tipos de energía renovable

En la actualidad se han desarrollado algunas formas de generación de energía limpia, a continuación, una descripción de ellas:

- **Energía Eólica**

La energía eólica es una de las energías renovables más utilizadas en el planeta. La apuesta por este tipo de energía implica respaldar un cambio de modelo energético basado en la sostenibilidad.

La tecnología eólica es de las más consolidadas y de las que tienen un mayor potencial en los próximos años. Los enormes aerogeneradores ya forman parte del paisaje de muchas

zonas. En la actualidad, se trabaja en el diseño de turbinas de una o dos palas, voladoras, de eje vertical o flotante.

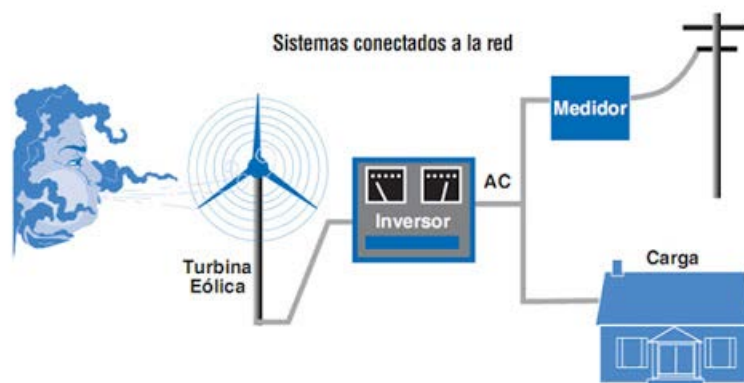


Figura 2.1: Sistema de energía eólica.

Fuente: Energía Eólica en Uruguay, Pag. Web

- **Biomasa:**

Es el conjunto de residuos orgánicos que produce la sociedad, desde la basura hasta los residuos ganaderos, agrícolas o forestales. Como ciudadano, puedes emplearla para la climatización de tu vivienda y abastecerse de la electricidad que se produce en instalaciones específicas. Gracias a ella se resuelve el problema del tratamiento de los residuos que se desaprovechan del monte y del campo. Además, reducimos el peligro de incendios forestales.

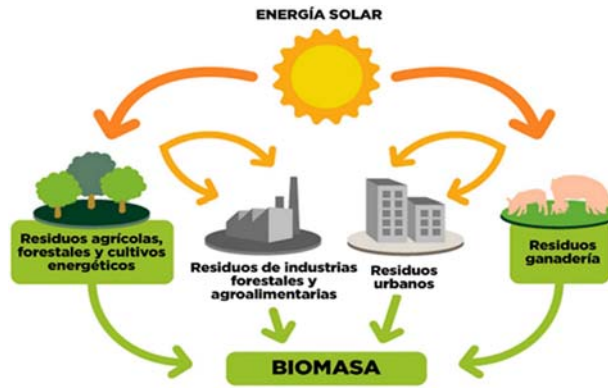


Figura 2.2: Ciclo de la Biomasa

Fuente: Bio Mass Energetic, Pag. Web.

La biomasa también puede tener otros usos como para la calefacción domiciliaria, así como nos muestra la figura donde se ve un esquema de un proceso de generación de calor para los hogares, se puede ver la recolección y el transporte de la biomasa para llevar a la combustión, ese calor producido servirá para transportar calor a cada una de los hogares.

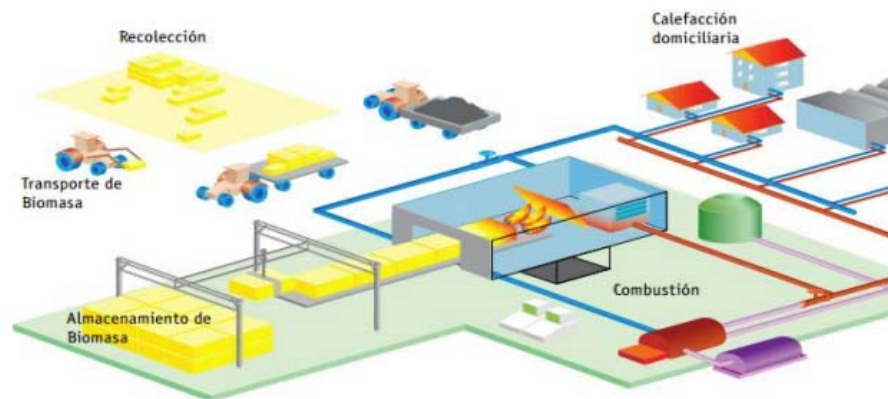


Figura 2.3: Planta de cogeneración calor y electricidad

Fuente: (Jara, 2006).

Otra tecnología que utiliza biomasa para la generación de electricidad es la que se puede observar en la figura la cual indica un esquema donde utiliza un generador de calor y

electricidad. El calor es transportado al digestor donde está la materia orgánica que se descompone a altas temperaturas generando un gas el cual es comprimido y luego es dirigido al gasómetro para alimentar el generador eléctrico utilizando biogás.

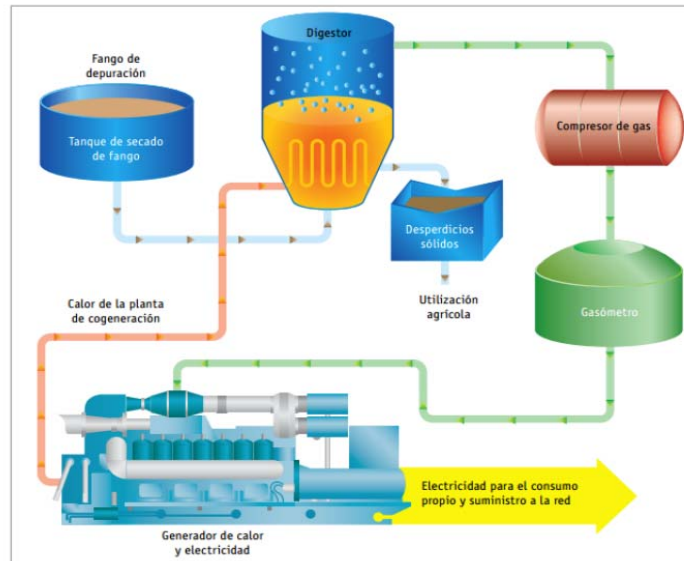


Figura 2.4: Planta de cogeneración con biogás

Fuente: (Jara, 2006)

- **Biocombustibles**

Usan materiales tan variados como cereales o aceites desechados con el fin de crear un combustible alternativo a los derivados del petróleo. Con la fermentación de distintas plantas y su conversión en alcohol se consigue gasolina, utilizable denominada bioetanol, mientras que el biodiesel se basa en el empleo de aceite.

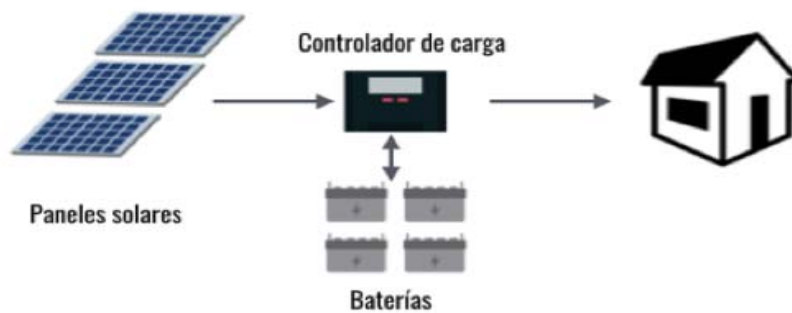


Figura 2.5: Ciclo de la Biodiésel.

Fuente: Campoamor Hnos. Pag. Web.

- **Solar**

La energía que produce el sol puede ser aprovechada de diversas maneras. Los paneles fotovoltaicos de los tejados son los que más se conocen, sin embargo, el avance de la tecnología ha dado lugar a distintas variedades: paneles flexibles, de bajo coste, en órbita alrededor de la tierra o aplicables como una pintura en cualquier clase de superficie.



Sistema solar fotovoltaico con baterías para cargas DC.

Figura 2.6: Sistema de energía solar.

Fuente: Sun Supply, pag.web.

- **Geotérmica**

La geotérmica se consigue a través del calor que se genera en el interior de la tierra. Su aprovechamiento puede producirse en instalaciones grandes en las que es posible generar varios megavatios o en las conocidas como calefacciones de distrito. Estas son una especie de calefacción central de un edificio, pero para toda una ciudad. Como ciudadano también podrías instalar sistemas domésticos geotérmicos de agua caliente y calefacción.

- **Hidráulica**

Las presas grandes, que son actualmente el sistema hidráulico más común, producen el veinte por ciento de la electricidad de todo el mundo y el siete por ciento de la energía total. La energía hidroeléctrica hace posible una reducción en un trece por ciento de la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes. Fuente: (Grupo Novelec, 2017).

- **Energía del Mar**

La superficie de la tierra está cubierta por tres cuartas partes de mar, por lo tanto, la explotación de esa energía tiene mayor atención a la investigación de tecnologías que extraigan estos recursos energéticos, que nos puede brindar nuestro mar ya que en un futuro serán el sustituto de las energías convencionales. El aprovechamiento de la energía del mar puede ser de dos tipos:

- Energía de las mareas (mareomotriz)
- Energía de las olas (undimotriz)

Una de las ventajas de este recurso energético es su carácter renovable, existe bastante agua salada en nuestro planeta y lo principal de su generación no produce contaminantes ni residuos. (Jara, 2006). En la figura se muestra la clasificación de cómo se aprovecha la energía del mar.

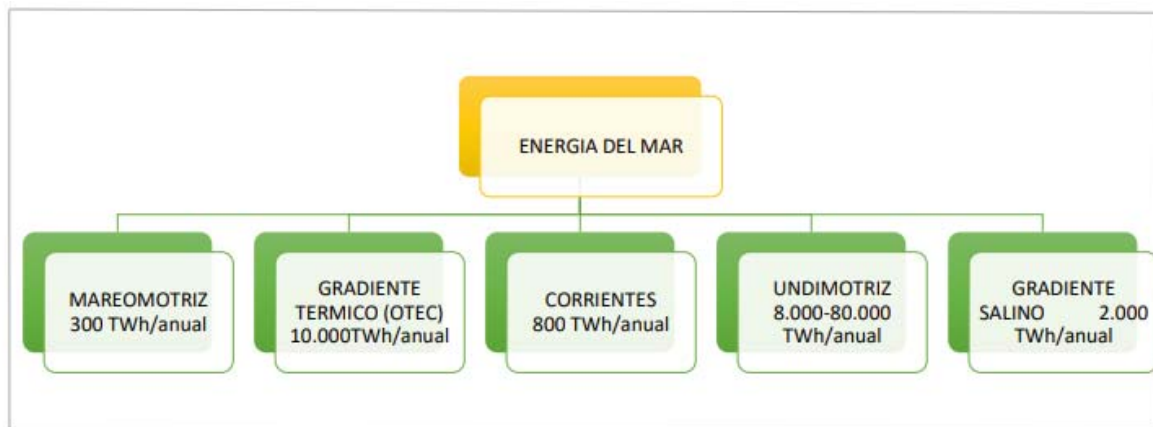


Figura 2.7: Clasificación del aprovechamiento de la energía del mar y cuantificación del recurso

Elaborado por: Autor

Dónde:

TWh/añual (Teravatio-hora-añual) un Teravatio-hora equivale a 1.000.000.000 KWh (kilovatio-hora) y es utilizado para referirse a la energía producida por centrales eléctricas durante un cierto periodo de tiempo en este caso energía producida anualmente.

- **Energía de las Mareas (Mareomotriz)**

La energía de las mareas es la que se genera en base a la diferencia de altura del mar según la posición de la luna y la tierra. Es un tipo de energía renovable y limpia, en su transformación energética no se genera gases o subproductos contaminantes que perjudiquen

a la atmósfera como lo hacen la generación por combustión de recursos fósiles, en cuanto la contaminación visual afecta a la costa ya que se instalaría una presa en la cercanía del mar para el funcionamiento de la central mareomotriz.

- **Método de Generación**

La generación eléctrica utilizando energía mareomotriz puede clasificarse en tres tipos que mencionamos a continuación:

Generador de la corriente de marea: Se hace uso de la energía cinética que posee el agua dando movimiento a las turbinas de energía, tienen menor impacto ecológico y el costo es más bajo frente a la explotación de otras energías.

Presa de marea: Se hace uso de la energía potencial que se genera en la diferencia de altura entre las mareas altas y bajas. En la figura se muestra una presa con una estructura de concreto y en la parte de abajo se encuentra la turbina de generación.



Figura 2.8: Presa de Marea

Fuente: (Energyneer, 2013)

- **Energía Mareomotriz dinámica**

La energía mareomotriz dinámica explota el intercambio entre las energías cinética y potencial en las corrientes marinas. Establece que las presas largas que sobrepasen los 50km de longitud se diseñen desde las costas hacia afuera en el mar, introduciendo por una presa diferentes fases de marea.

Esta tecnología tiene la ventaja de ser auto renovable, no contaminante y silencioso que es disponible en cualquier época del año y que está siendo explotada por países como Corea, China, Reino Unido generando entre 5 a 16 GW de potencia.

En la figura se muestra un ejemplo de cómo funciona dinámicamente esta tecnología donde la presa recoge el agua del mar cuando la marea está alta; al bajar la marea se crea una diferencia de altura entre el agua embalsada y el mar. Esta diferencia de altura se aprovecha como en las centrales hidráulicas, el agua en movimiento cae y mueve las turbinas para la generación de energía eléctrica.

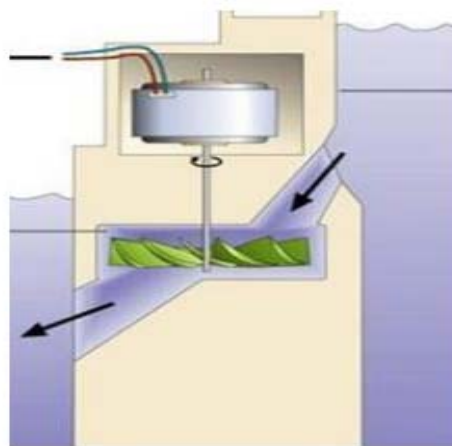


Figura 2.9: Esquema de energía mareomotriz Dinámica

Fuente: (Castaneda, 2012).

- **Energía Undimotriz**

La energía undimotriz es la energía que se genera a partir de las olas del mar. Estas olas de aguas profundas no tienen similitud con las olas que se pueden observar en las costas. Estas ondas marinas que nacen en aguas profundas son fuentes de energía inagotable y limpia para el medio ambiente, lo que significa que esta generación eléctrica presenta una buena opción frente a la búsqueda de sustitutos de los combustibles fósiles.



Figura 2.10: Creación de la ola

Fuente: (CALDERÓN & MAGGI, 2016).

La energía undimotriz es una forma de almacenamiento de la energía que nos irradia el sol, ya que el sol produce alteraciones del clima en toda la tierra, produciendo vientos que causan el oleaje. Este oleaje viaja muchos kilómetros con muy pocas pérdidas de energía, como podemos observar en la figura, que el calor generado por el sol interactúa con el mar para producir vientos y mejores olas. (CALDERÓN & MAGGI, 2016).

El origen de esta energía es la radiación solar que incide en toda la tierra, que calienta toda su superficie. Esto implica que en diferentes puntos de la tierra que existan variaciones de temperaturas, la que provoca las presiones, dichas precipitaciones son las causantes de movimientos de masas de aires que se lo conoce como viento de tal forma que este viento cuando choca con la superficie del mar transmite su energía; se puede decir que el mar se comporta como un acumulador de energía.

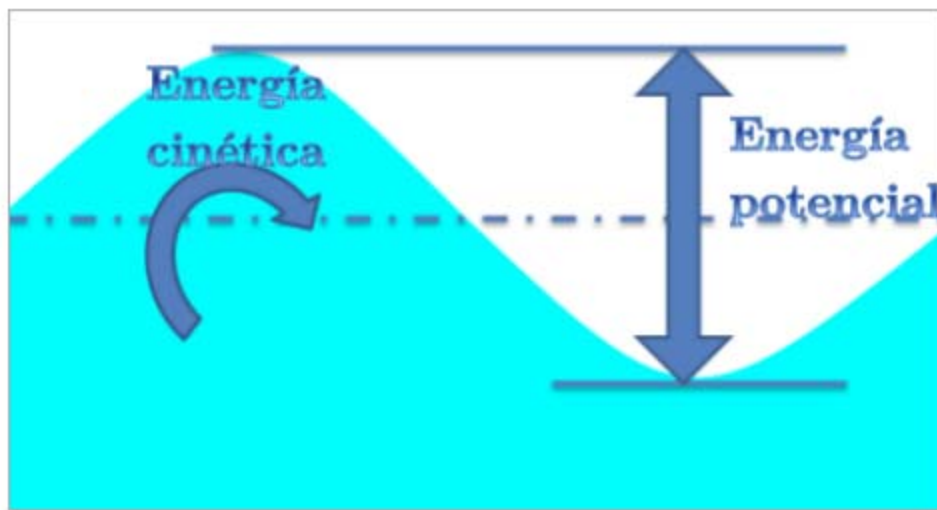


Figura 2.11: Energía de la ola

Fuente: (CALDERÓN & MAGGI, 2016).

Una de las principales ventajas del oleaje creado por la interacción del viento es que se puede transportar energía cinética y potencial a grandes distancias, miles de kilómetros sin que se genere pérdidas considerables.

2.1.4. Fundamentos de energía undimotriz

Ventajas de la energía undimotriz

- La energía de las olas es gratuita. No es necesario algún tipo de combustible, y no produce residuos.
- No es caro de operar y obtener energía.
- Puede producir una gran cantidad de energía.
- Mantenimiento escaso.
- Poco o ningún impacto ambiental.

Desventajas de la energía undimotriz

- Uno de los problemas técnicos importantes consiste en cómo absorber la energía mecánica, que incide en un campo aleatorio de velocidades, en energía eléctrica apta para su conexión a la red eléctrica.
- El alto costo económico de la inversión inicial demanda que el periodo de amortización de estas centrales sea largo.
- Su utilización se circunscribe a zonas costeras o próximas a la costa, por mayor erogación económica que implicaría transportar la energía obtenida a lugares del interior.
- Otro inconveniente es el impacto ambiental debido a las instalaciones, que requieren modificación del paisaje para su construcción. Se ha de disponer de mucho espacio para albergar enormes turbinas, lo cual involucra un impacto ecológico sobre los ecosistemas, habitualmente costeros.
- Por su carácter aleatorio, la cantidad de energía obtenida dependerá de los

Parámetros de la ola.

- Es necesario un lugar adecuado para utilizar la energía del oleaje, donde las olas son generalmente fuerte (Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador)

2.1.5. Olas

Una ola es una onda de la superficie de un cuerpo de agua, que se genera regularmente por acción del viento. Este, al soplar encima del océano, el mar e incluso lagos, ríos, canales y otros cuerpos de agua más pequeños, forma ondulaciones cuya forma, tamaño y fuerza varían mucho. Algunas no son más que pequeñas ondulaciones, y otras alcanzan varios metros de altura, en las que los surfistas se deslizan temerariamente. Mientras más intenso es el viento, más grandes tienden a ser las olas, lo cual representa un peligro para la navegación.

Las olas transportan más cantidad de energía que de agua, y está, al moverse, lo hace por medio de movimientos circulares. A medida que avanzan y se acercan a la orilla, las olas pierden profundidad y la fricción entre el fondo del océano y el agua crea un ángulo cada vez más pronunciado. Llegan a estrellarse con estrépito sobre una superficie o a bañar lentamente el suelo de las costas. (Geografía. Ediciones Umbral, 2006).

2.1.6. Predicción del Fenómeno

En la actualidad los sensores existentes en la mayoría de mares del mundo, los diferentes sistemas satelitales que orbitan la tierra y las diferentes tecnologías para predecir los vientos y precipitaciones, que ofrecen los institutos oceanográficos del mundo, facilitan y proporcionan datos exactos que permiten predecir la magnitud de vientos; esto ayuda saber con anticipación los parámetros que existen en las ondas marinas generadas por los vientos.

2.1.7. Fenómenos Principales de las Olas

Las ondas marinas poseen diversos fenómenos que dan como resultado la energía de las olas para el aprovechamiento de los dispositivos captadores de esta energía que por lo general lo genera el viento; también es generado por la diferencia de temperaturas en el mar. Para la generación de energía eléctrica utilizando recursos undimotrices constan de 3 principales fenómenos que son:

2.1.8. Variación de la presión bajo la superficie

Este fenómeno se basa en el volumen de aire sometido a presión por el oleaje existente

Empuje de ola

Se genera al momento de la dispersión de la onda explotando la velocidad del agua.

- **Variación de la altura en la superficie**

Este fenómeno se basa en el movimiento alternativo vertical de las olas con diseños o estructuras flotantes.

2.1.9. Densidad de las Olas en el Mundo

Una de las características principales de las olas es que tienen la capacidad de desplazarse largas distancias y sufrir muy poca pérdida de energía por lo tanto toda esa energía acaba en los perfiles de cada costa del mundo, llegando a un total de 336.000 Km de longitud por lo tanto la densidad media de energía es de 8 KW/m de costa, esto quiere decir que la energía generada por las ondas marinas es mucho mayor en comparación a la densidad de energía solar que es 300 W/m².

La energía undimotriz disponible en el mundo puede variar desde la más alta sobre los 60 KW/m que hay en Nueva Zelanda, Reino Unido, Portugal, Australia, zonas que están más cercas a los polos, con zonas marítimas que tienen un fuerte oleaje generando en estos lugares una mayor captación de energía undimotriz hasta el valor medio que es de 8 KW/m como se muestra en la figura.

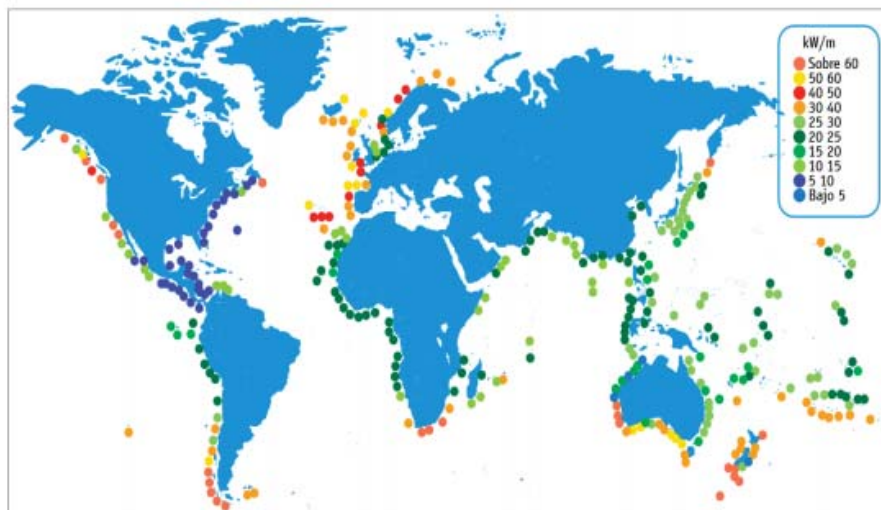


Figura 2.12: Mapa mundial de la densidad de las olas

Fuente: (Jara, 2006)

2.1.10. Clasificación de Dispositivos Captadores de Energía de las Olas

En la actualidad existen diversos proyectos para la captación de energía undimotriz en el mundo. Por tal motivo se menciona su clasificación según su ubicación, según su principio de captación y según su tamaño y orientación como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2.13: Clasificación de los convertidores según su ubicación

Elaborado por: Autor

Onshore (Dispositivos en costa)

Estos dispositivos tienen la característica de estar apoyados en la costa fijados en acantilados rocosos, también pueden ser fijados en estructuras como diques o sobre el fondo de aguas que no sean profundas y se conocen como dispositivos de 1era generación.

Las ventajas que presentan estos dispositivos Onshore es que por estar fijados en las costas su instalación se facilita, por lo tanto, su costo de mantenimiento será bajo sin embargo su desarrollo está limitado ya que su principal desventaja es su bajo nivel energético que se aprovecha del oleaje y también su impacto medioambiental visual que presenta.

Nearshore (Dispositivos cerca de la costa)

Estos dispositivos se encuentran ubicados en aguas entre los 10 y 40 metros de profundidad considerándose aguas poco profundas y separada de la costa por pocos metros. Son dispositivos de gran tamaño que por su gravedad se asientan en el lecho marino, también

son conocidos como dispositivos de 2da generación, se realiza una ubicación near-shore para contrarrestar las dificultades existentes con la instalación de dispositivos en la costa por su elevado costo. A continuación, en la figura se observa la captación de energía de las olas según su ubicación.

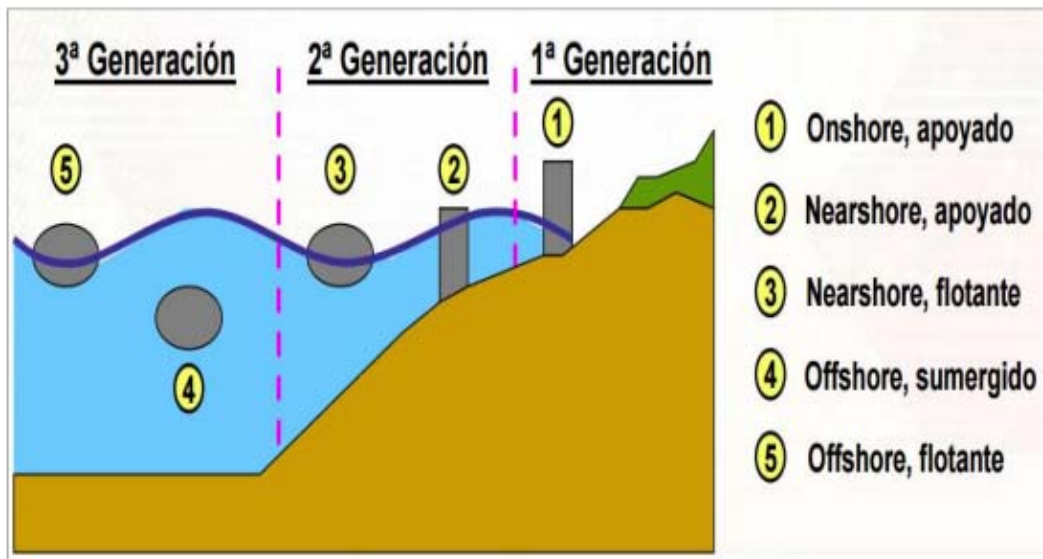


Figura 2.14: Clasificación de captadores de energía de las olas según su ubicación

Fuente: (Villate, Ruiz, & Pérez, 2012)

Offshore (Dispositivos fuera de la costa)

Estos dispositivos son aquellos que están ubicados en aguas profundas entre los 50 y los 100 metros de profundidad, estos dispositivos forman parte de las tecnologías que más promete en lo que encierra la explotación de energía de las olas también conocido como recurso undimotriz ya que aprovecha el mayor potencial energético de las ondas marinas en alta mar; los dispositivos offshore o también conocidos como dispositivos de 3era generación para su correcto funcionamiento deben hacer uso de tecnologías costosas que garantice la vida útil de estos, las plantas que tenga en conjunto muchos dispositivos agrupados entre sí

podrían llegar a generar decenas de megavatios, en consecuencia su uso a gran escala es rentable. (Ribes, 2014).

De acuerdo con el principio de captación de energía los dispositivos se clasifican en 3 tipos como se muestra en la figura.



Figura 2.15: Clasificación de captadores de energía de las olas según su principio de captación de energía

Elaborado por: Autor

2.1.11. Diferencias de presión

La clasificación de estos dispositivos se basa en el aprovechamiento de la diferencia de presión que crea el oleaje, se puede apreciar dos fenómenos que son los siguientes:

Columna de agua oscilante

(OWC), El OWC de la figura 2.16, uno de los dispositivos más usado en la captación de energía de las olas, estos dispositivos obtienen la energía que genera la ola a través de una

turbina tipo Wells que acoplada a un generador la introduce a la red eléctrica. Su estructura se ubica en la costa; la parte superior forma una cámara de aire y su parte inferior está sumergida en el agua dispuesta a recibir la acción de las olas.

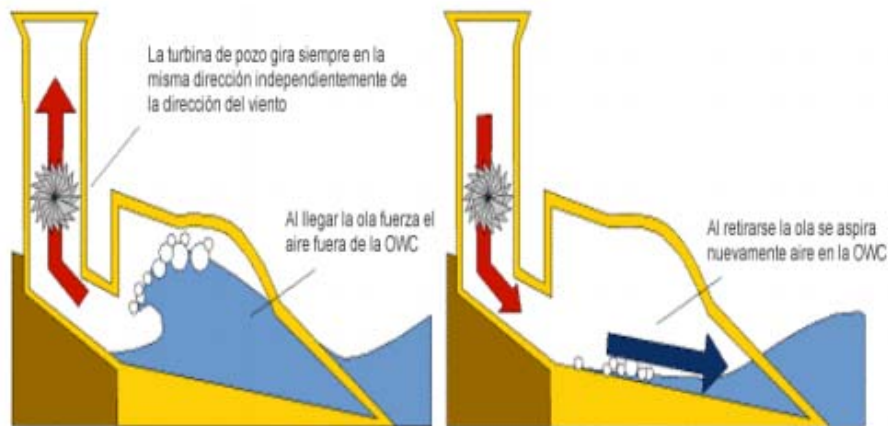


Figura 2.16: Columna oscilante de agua

Fuente: (Socitek ingenieros, 2012)

Al utilizar energía neumática para generar energía mecánica, el mantenimiento es más sencillo y económico. Algunos países utilizan este sistema de captación de energía de las olas como son las plantas de:

- LIMPET Islay -Escocia
- PICO Azores - Portugal
- PORT KEMBLA Sídney – Australia
- VIZHINJAM cerca de Trivandrum - India
- SAKATA Sakata - Japón
- MOWC de Mutriku País Vasco España

Efecto Arquímedes Se aprovecha la diferencia de presión que ejerce la ola en sus subidas y bajadas sobre un elemento móvil lleno de aire que actúa como un flotador. Este dispositivo se sitúa entre los 40 y 100 metros bajo el nivel del mar por lo tanto no está

expuesto a las condiciones meteorológicas. Este sistema está sujeto al lecho marino mediante un pedestal y posee una carcasa superior llena de aire que tiene la función de ser un flotador. Su función se basa en la elevación de la ola, por tanto, la columna de agua aumenta y también la presión que ella ejerce, cuando la ola descende el efecto que produce es inverso como se puede observar en la figura; estos generadores están compuestos por imanes y una bobina que con el movimiento vertical que es sometido por la ola genera hasta 1.2 MW de electricidad que es transmitido por un cable marino a la red Eléctrica.

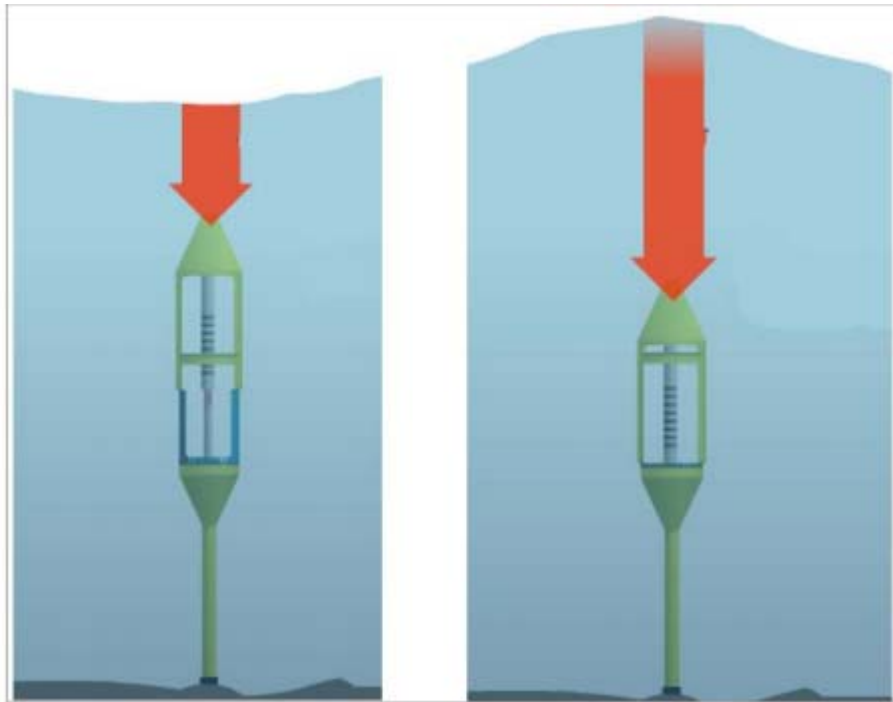


Figura 2.17: Funcionamiento del sistema de generación de energía mediante el efecto Arquímedes

Fuente: (Hernández, 2015)

Cuerpos flotantes

La estructura de estos dispositivos se basa en un cuerpo flotante que se mueve por las ondas marinas este movimiento es oscilatorio puede ser horizontal o vertical o se puede fusionar entre los movimientos mencionados. Un modelo representativo de cuerpo flotante es el sistema PELAMIS.

Este mecanismo trabaja semisumergido y consta de secciones tubulares conectadas por 3 rotulas, el movimiento es inducido por el oleaje a través de toda su estructura, dicho mecanismo convierte a energía eléctrica a través de sistemas oleohidráulicos a alta presión. Esta energía eléctrica renovable producida por varios dispositivos PELAMIS es transportada a través de un cable submarino hacia la costa. A continuación, se observa en la figura el funcionamiento del generador en el Dispositivo Pelamis.

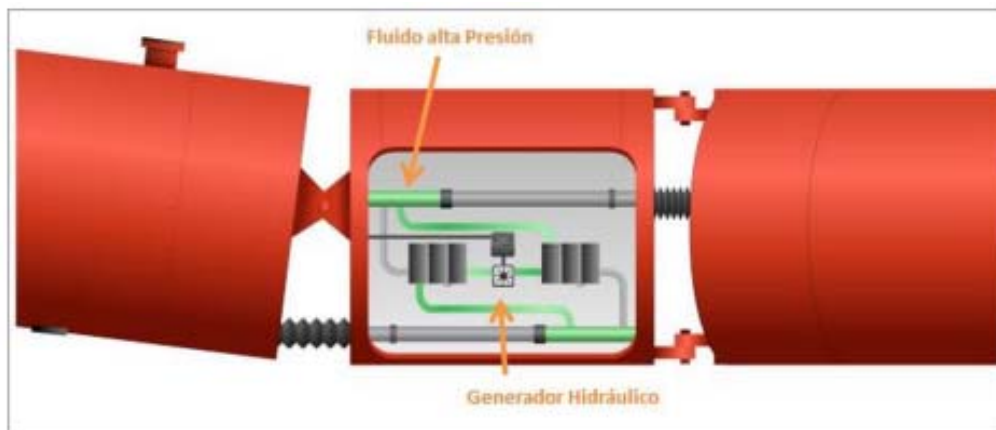


Figura 2.18: Funcionamiento del sistema de generación del Pelamis

Fuente: (Hernández, 2015)

Estos dispositivos llegan a medir 150 metros de largo y 3.5 de diámetro como se muestra en la figura, y los generadores utilizados en estos sistemas generan hasta 250 KW, cada dispositivo PELAMIS posee 3 generadores, totalizando una potencia de 750 KW suficiente para abastecer de electricidad a 500 hogares con un consumo medio durante 1 año.

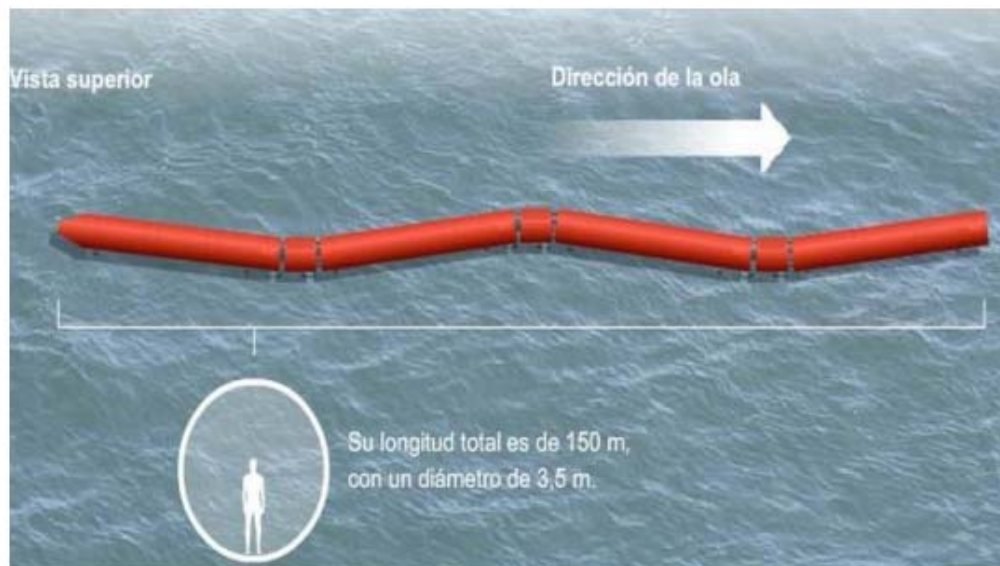


Figura 2.19: Sistema Pelamis

Fuente: (Hernández, 2015)

Estos dispositivos fueron diseñados para soportar las diversas condiciones extremas que tiene el mar como son las grandes tormentas, huracanes y fuertes oleajes. (LARCO, 2009)

2.1.12. Sistema de rebosamiento y/o impacto

Las formas de captar energía de estos dispositivos se basan en un dispositivo que permite el aprovechamiento de energía potencial y cinética, estos sistemas de rebosamiento conducen al agua que pase por encima de la estructura de tal forma que las olas golpeen la

estructura flexible o articulada. En la actualidad este sistema para la generación de energía undimotriz está siendo aplicada en las costas danesas desde el 2004 con el dispositivo llamado WAVE DRAGON, el ancho de la estructura alcanza los 58 metros, la misma empresa está desarrollando una wave dragón de 390 metros.

A continuación, en la figura se observa el funcionamiento de la tecnología Wave Dragón.

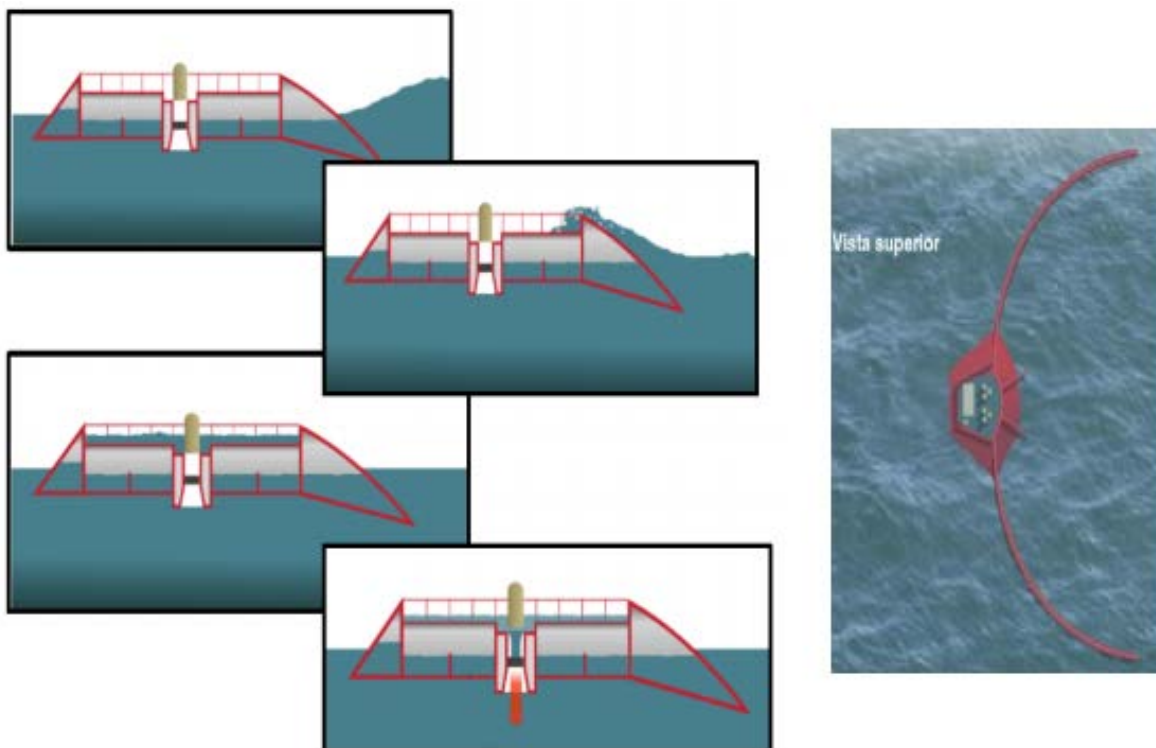


Figura 2.20: Funcionamiento del sistema de generación Wave Dragón

Fuente: (Hernández, 2015)

Como se puede observar en la figura el agua es almacenada en una balsa. Luego se libera hacia el mar, en su camino mueve turbinas encargadas de generar electricidad. Los sistemas de impacto pueden situarse Nearshore y offshore como por ejemplo los dispositivos OYSTER de la empresa AQUAMARINE POWER. (Santos C. C., 2011).

De acuerdo con su tamaño y orientación respecto al oleaje los dispositivos captadores de energía se clasifican en 3 tipos como se observa en la figura.



Figura 2.21: Clasificación de captadores de energía de las olas según su tamaño y orientación respecto al oleaje.

Elaborado por: Autor

Absorbedores puntuales

Los absorbedores puntuales son dispositivos relativamente pequeños frente a la longitud de la ola, este dispositivo tiene una forma cilíndrica por lo que no afecta la dirección del oleaje que se presente; de estos dispositivos se pueden colocar varios absorbedores formando una línea, estas estructuras se basan en sistemas tipo boya como el POWERBUOY de la empresa Ocean Power.

Technologies Terminadores o totalizadores

Los dispositivos totalizadores están ubicados perpendicularmente a la dirección de la ola, son estructuras alargadas y captan energía una sola vez al paso de la ola.

Atenuadores o absorbedores lineales

Los dispositivos atenuadores o absorbedores lineales están ubicados en paralelo en la dirección de la ola, la extracción de energía lo hacen de modo direccional y progresivo, su estructura es de forma alargada como lo es el dispositivo Pelamis.

2.1.13. Sistemas de Generación de Energía undimotriz

En la generación con sistemas undimotrices para su correcto funcionamiento estará dividido en bloques que está compuesto por dispositivos que capten la energía de las olas, luego existirá otro bloque llamado sistema de conversión, este sistema será el encargado de transformar la energía mecánica que servirá de entrada para la conversión a energía eléctrica.

Para los sistemas de generación undimotriz se tomará en cuenta los siguientes parámetros que son:

- ✓ Simpleza
- ✓ Fiabilidad
- ✓ Posibilidad de operar a velocidad variable
- ✓ Mínimos requisitos de mantenimiento

2.1.14. Convertidores de electrónica de potencia

Los principales convertidores de electrónica de potencia utilizados son:

Rectificadores (convertidores AC/DC): Los rectificadores o convertidores AC/DC hacen que el flujo de potencia en AC con un número de fases dado, frecuencia y tensión; sea transformado a una señal en DC con una polaridad y amplitud determinada.

Inversores (convertidores DC/AC) Los inversores o convertidores DC/AC transforman la señal DC con una polaridad y amplitud mostrada, a una señal AC con un voltaje, frecuencia y número de fase determinado.

Convertidor - Fuente de Intensidad (Current Source Convertir, CSC) y Convertidor - Fuente de Tensión (Voltage Source Convertir, VSC)

Los convertidores de fuente de intensidad y los convertidores de fuente de tensión se componen de otros dos convertidores como es el tipo AC/DC y el otro tipo de DC/AC, y se encuentran acoplados por un circuito DC intermedio; este dispositivo es un convertidor completo AC/AC, que puede trabajar con una tensión impuesta (convertidor fuente de tensión), o con una corriente impuesta (convertidor-fuente de intensidad). De forma general, el CSC está formado por tiristores y el VSC está formado por IGBTs (transistor bipolar de puerta aislada conocido por la sigla IGBT, del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor).

Choppers (convertidor DC/DC): Este equipo convierte una señal de corriente continua con una tensión y polaridad dada en otra señal de corriente continua a otra tensión y polaridad determinada.

2.1.15. Generador eléctrico rotativo

El Generador eléctrico rotativo es una máquina que transforma energía mecánica en energía eléctrica por medio de un rotor y un campo magnético. En la figura se observa la estructura de un generador eléctrico.

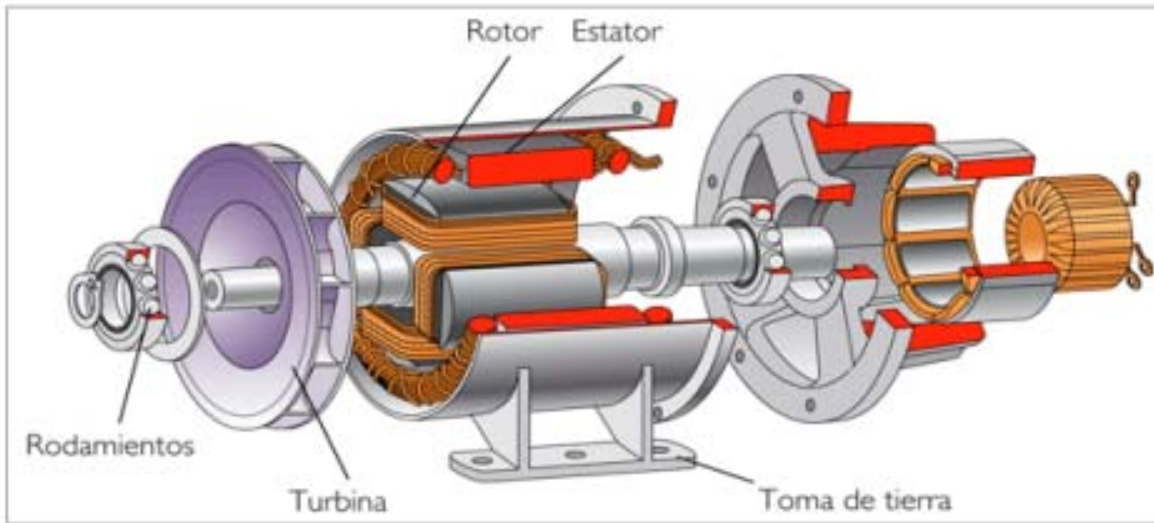


Figura 2.22: Generador Eléctrico rotativo

Fuente: (Becerril, 2012).

El sistema de excitación es un elemento primordial para la generación eléctrica, es por eso que las máquinas síncronas se clasifican en 2 tipos de generadores dependiendo del sistema de excitación que emplea estos son:

- Generador síncrono por inducción.
- Generador síncrono de imanes permanentes.

2.1.16. Generador Síncrono por inducción

El sistema de excitación de un generador síncrono por inducción utiliza los siguientes métodos que se va a mencionar a continuación:

Excitación propia

Está formado por un generador de corriente continua que se conecta al rotor del generador síncrono mediante un sistema de escobillas, la desventaja de este sistema es que genera altos costos de mantenimiento ya que posee dos máquinas de corriente continua en cascada. En la figura 2.23 se observa la configuración del sistema de excitación propia.

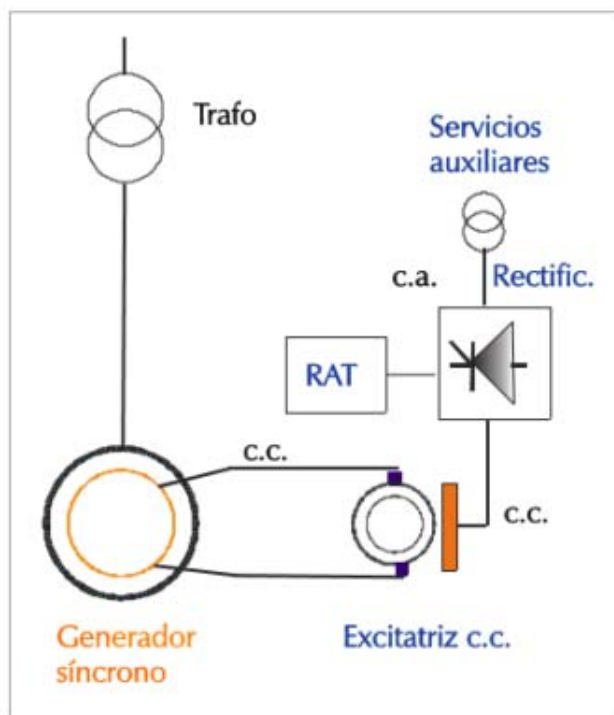


Figura 2.23: Sistema de excitación Propia

Fuente: (Santos D. M., 2011)

Auto-excitación

Esta configuración es habitual en grandes generadores, tiene un sistema de rápida respuesta, su sistema de excitación es autónomo menos el arranque, una de las desventajas de los sistemas de auto excitación es que en los generadores de menor tamaño puede causar corto circuito. En la figura 2.24 se observa la configuración de un sistema estático auto excitado.

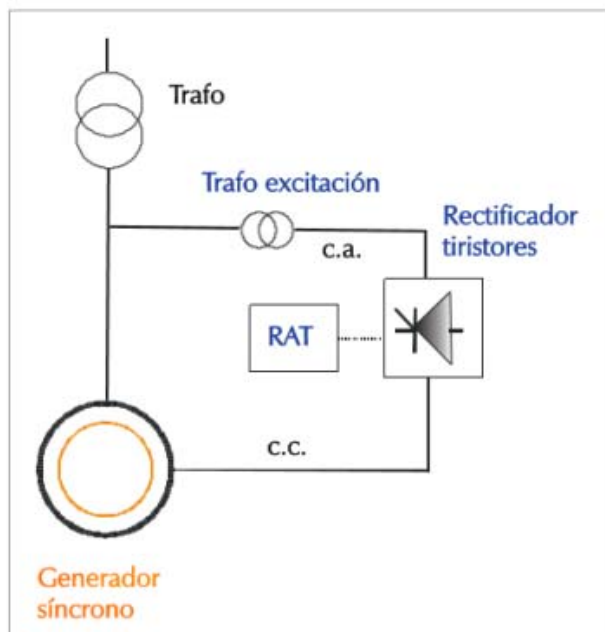


Figura 2.24: Sistema auto excitado

Fuente: (Santos D. M., 2011)

2.1.17. Sistema de excitación sin escobillas (Brushless)

En este sistema de excitación no es necesario escobillas ni anillos rasantes en la excitatriz, el rotor de las dos máquinas está montado en el mismo eje; el sistema de rectificación está conformado por tiristores o transistores IGBT y la potencia del rectificador

es de 20 a 50 veces menos que en el sistema directo. La utilización de estos sistemas de excitación sin escobillas se aplica en generadores hidráulicos y turboalternadores hasta 60 MVA. En la Figura 2.25 se observa la configuración del sistema de excitación sin escobillas.

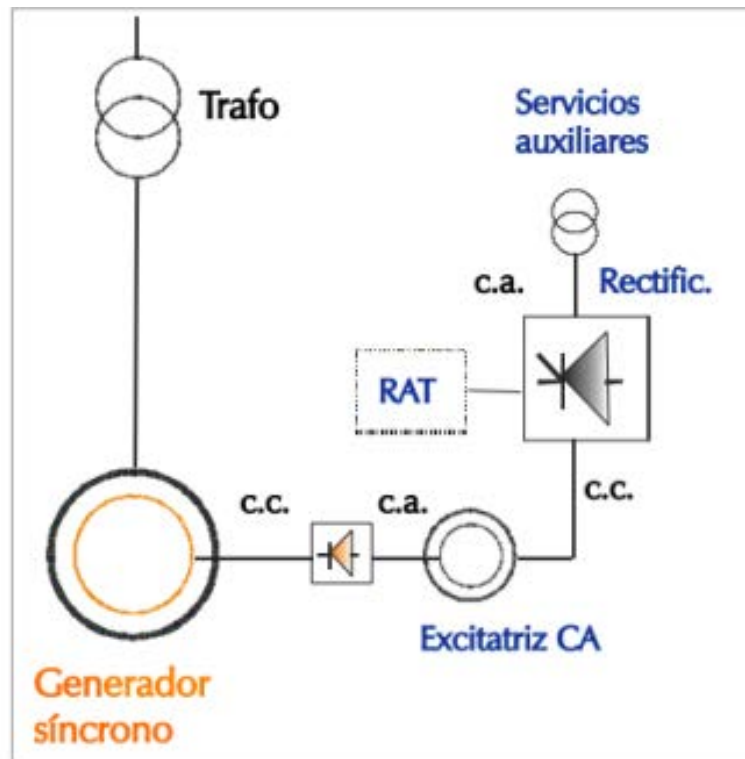


Figura 2.25: Excitación rotativa sin escobillas (brushless)

Fuente: (Santos D. M., 2011)

2.1.18. Generador Síncrono por Imanes Permanentes

El generador síncrono de imanes permanentes es aquel que ha tenido una modificación sustituyendo el bobinado de excitación en el rotor por una estructura conformado por imanes permanentes que distribuye un campo constante de excitación, un gran uso del generador síncrono de imanes permanentes es en la generación eólica, en este generador se elimina las escobillas por tal motivo se ahorra al momento del mantenimiento. (OBEKI, 2008).

2.1.19. Ventajas del generador de imanes permanentes:

- La fabricación es más barata por la utilización de imanes.
- El montaje del rotor resulta más económico.
- El generador síncrono de imanes no posee escobillas por lo tanto no necesita mantenimiento. La principal ventaja de estos generadores es su simplicidad.
- Suministra energía a sistemas auxiliares del generador principal no necesita sistemas para su excitación
- Ahorra un 20% de la energía solo por usar imanes.
- En la figura se observa la estructura interna del generador síncrono con imanes permanentes.



Figura 2.26: Generador síncrono con imanes permanentes

Fuente: (OBEKI, 2008)

Debido a su factibilidad, simplicidad y la eliminación de pérdidas en el rotor este generador se ha convertido en el más solicitado en el mercado en generadores de pequeño y medio tamaño. (Amilia & Aio, 2010).

Independientemente del sistema de excitación, a continuación, se muestran algunas características de los dos generadores síncronos.

2.1.20. Características de los generadores síncronos a utilizar

Operación independiente

- ✓ Funcionar aislados de la red
- ✓ Su excitación es independiente a la red
- ✓ Otorgan estabilidad al sistema que suministran energía

Regulación de tensión y factor de potencia

- ✓ La tensión de salida del generador puede regularse.
- ✓ Controlar la tensión y frecuencia de la salida antes de su inyección a la red.
- ✓ Aportar la energía reactiva requerida por el sistema de potencia cuando el generador se conecta a la red.

Sincronización con la red

- ✓ Control complejo que requiere regular de tensión, frecuencia y secuencia de fases
- ✓ El generador síncrono es una máquina que normalmente funciona a velocidad constante, pero debido a la naturaleza pulsante y variable del recurso undimotriz, es interesante la posibilidad de operar a velocidad variable, obtenido así como extracción óptima de energía.

2.1.21. Máquinas asíncronas utilizada

La máquina asíncrona ha sido utilizada como motor eléctrico, en la actualidad el incremento de generación de energías renovables como lo es en el sector eólico se está utilizando como generador asíncrono de electricidad. La estructura de un generador de corriente alterno asíncrono está formada por un estator y rotor donde en el estator está colocado el inductor que alimenta una red trifásica o monofásica.

A estos generadores se los conoce como máquinas de inducción porque la corriente que circula en uno de los devanados se debe a la fuerza electromotriz inducida por la acción del flujo del otro.

Los generadores asíncronos según el tipo de rotor se clasifican en:

Generador asíncrono de jaula de ardilla (Squirrel Cage Inducción Generator, SCIG).

En la figura se observa el rotor jaula de ardilla que utiliza este generador.



Figura 2.27: Rotor Jaula de Ardilla

Fuente: (Martos, Shu, Valhondo, 2012).

Generador asíncrono de inducción (Inducción Generador, IG). En la figura 2.34 se observa el rotor bobinado de anillos rozantes que usa este generador.

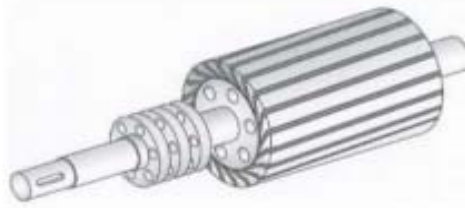


Figura 2.28: Rotor bobinado de anillos rozantes

Fuente: (Martos, Shu, Valhondo, 2012).

En la actualidad existen tres configuraciones de estas máquinas para acoplarse al sistema de generación. A continuación, algunas características de las conexiones de los generadores asíncronos.

2.1.22. Características de los generadores asíncronos al conectarse a la red

Generadores asíncronos conectados a la red

- Generado trabaja a una velocidad
- El rotor se encuentra girando por debajo de la frecuencia de la red

Generador asíncrono en serie con un convertidor back-lo-back conectado a la red

- Generador y la red quedan desacoplados en frecuencia
- El rotor trabaja girando a velocidad cuyas frecuencias son distintas a la red
- Requiere convertir la frecuencia a la misma potencia normativa de la máquina
- Opera a velocidad variable

Generador asíncrono de inducción doblemente alimentado

- Generador de inducción donde el devanado rotórico se conecta a la red utilizada en anillos rozantes.
- Convertidor de tensión que controla la corriente del rotor y de la red.
- Ajustes de potencia activa y reactiva que alimenta la red
- El estator es independiente a la velocidad con la que es accionado al sistema.

Generador eléctrico lineal

El generador lineal como su nombre lo indica aprovecha el movimiento lineal para la generación de electricidad, al usar un generador lineal que esté acoplado a un convertidor como dispositivo de extracción de potencia, se minimiza la estructura y componentes mecánicos.

Una de las características de los generadores lineales es que extraen la energía en forma oscilante de vaivén a una velocidad reducida, por esta razón se crea energía eléctrica en baja frecuencia lo cual se deber utilizar dispositivos de electrónica de potencia para así conectarse a la red. En la figura 2.29 se observa la conversión de una maquina rotativa a una maquina lineal. (Montoya, Octubre).

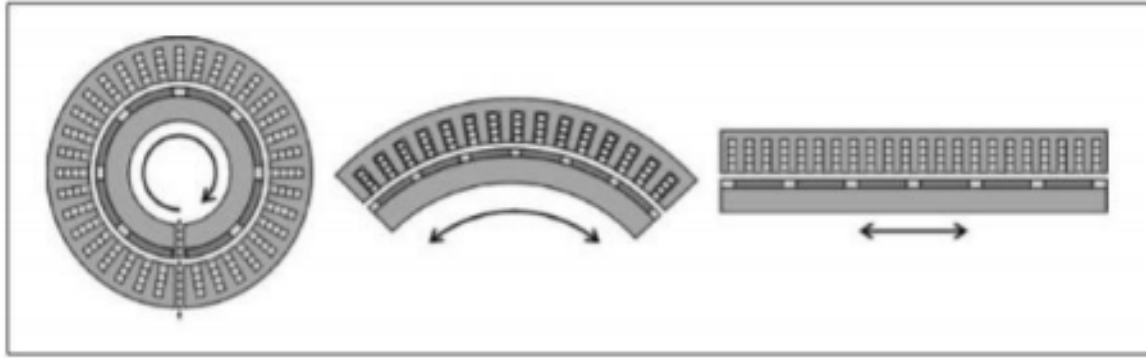


Figura 2.29: Conversión de una máquina eléctrica rotativa a lineal

Fuente: (Cruz, 2008)

El generador lineal tiene forma tubular o puede ser plana como se observa en la figura teniendo una sección poligonal a lo largo de su eje de movimiento, los fenómenos que tienen los generadores lineales son semejantes a los fenómenos conocidos en las máquinas rotativas ya que usan las mismas ecuaciones.

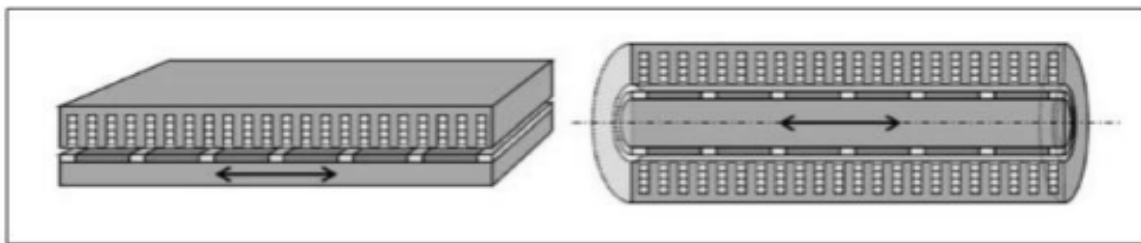


Figura 2.30: Máquina eléctrica lineal plana y tubular

Fuente: (Cruz, 2008)

2.1.23. Tipos de generadores lineales

En la actualidad existen 3 tipos de generadores lineales y la diferencia es la forma en la que se entrelaza su flujo magnético como se observa en la figura a continuación:

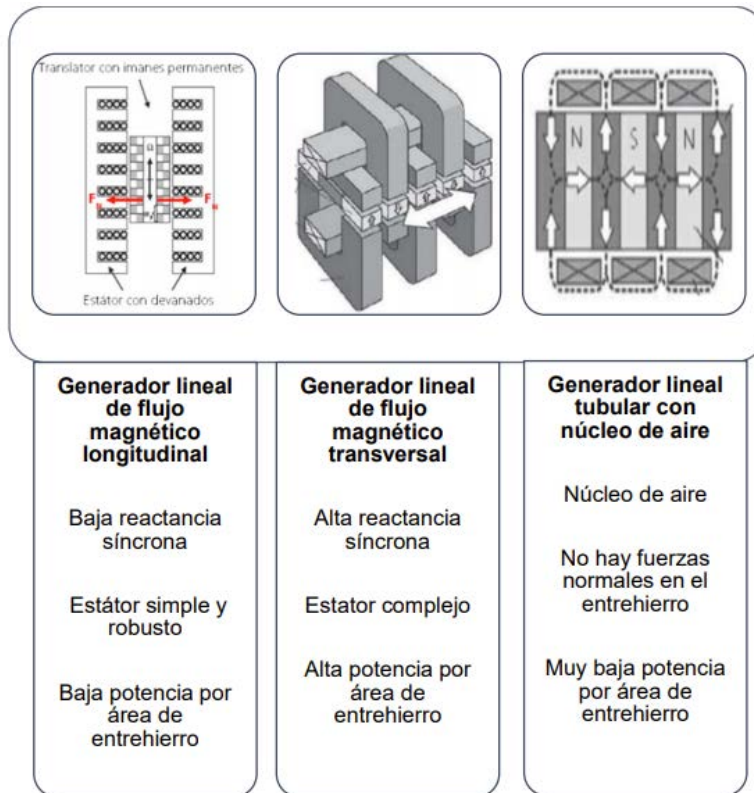


Figura 2.31: Características de los Generadores lineales

Fuente: (Cruz, 2008)

2.1.24. Sistemas de transmisión de la energía undimotriz

En la actualidad las instalaciones offshore que han sido implementadas para la transferencia de potencias se basan en configuraciones que se utiliza en las instalaciones de parques eólicos offshore y en plataformas en el sector petrolero; son de 3 tipos como se observa a continuación:

- Corriente Alterna en Alta Tensión (High Voltage Alternate Current, HVAC)
- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Conmutador de Línea (High Voltage Direct Current with Line Commutated Converter, HVDC LCC)

- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Fuente de Tensión (High Voltage Direct Current with Voltage Source Converter, HVDC VSC)

2.1.25. Tipos de conexión para una generación undimotriz

a) Primera conexión

En esta conexión se unifican los dispositivos generadores de energía undimotriz, luego se transmite esa energía por un cable por el océano y en tierra se ubica una estación de conversión para invertir la señal CC a una señal AC y después para elevar la tensión se utiliza un transformador ajustando las variaciones de la misma para la conexión a la red como se observa en la figura.

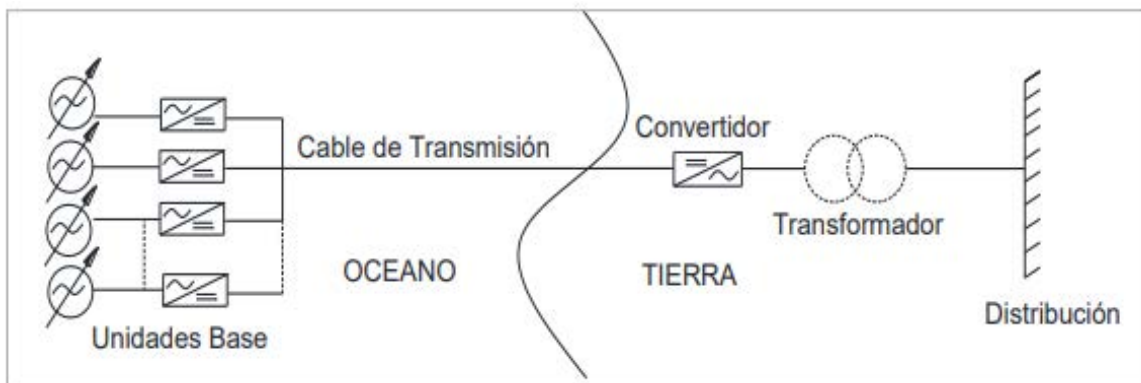


Figura 2.32: Conexión A energía undimotriz

Fuente: Elaboración propia

b) Segunda conexión

En esta conexión el convertidor donde se efectúa la inversión de la señal generada se encuentra ubicado en la plataforma offshore o en el fondo del lecho marino, en esta opción

se dificulta el mantenimiento y se complica su instalación luego se conecta a la red utilizando un transformador como se observa en la figura.

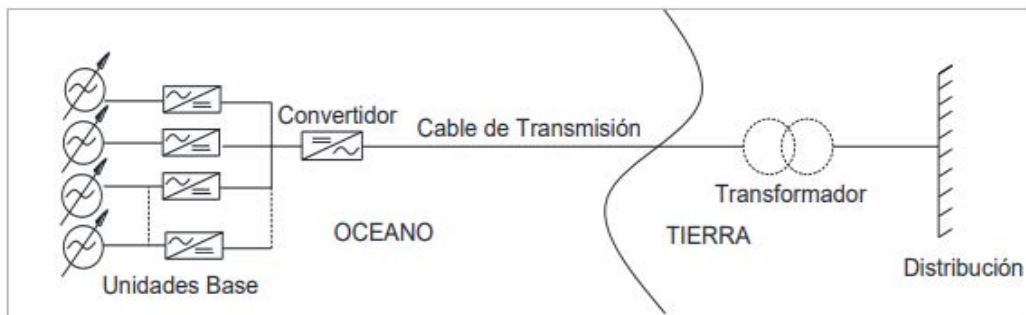


Figura 2.33: Conexión B energía undimotriz

Fuente: Elaboración propia

c) Tercera conexión

En esta conexión después de los dispositivos captadores de energía de las olas se instala offshore los convertidores de señal y el transformador minimizando las pérdidas por transmisión $P = I^2 R$ que en la segunda opción; la tensión de transporte es más alta.

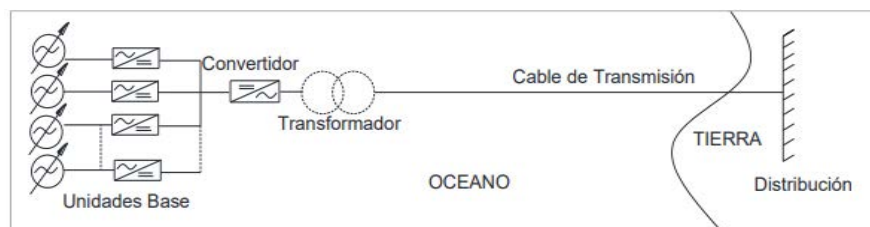


Figura 2.34: Conexión C energía undimotriz

Fuente: Elaboración propia

d) Cuarta conexión

En esta conexión después de los dispositivos captadores de energía undimotriz se coloca los convertidores de señal y se realiza un transporte CC, HVDC, en cuanto a la instalación, se tendrá mayor dificultad por que los dispositivos estarán offshore, las pérdidas de transmisión serán minimizadas.

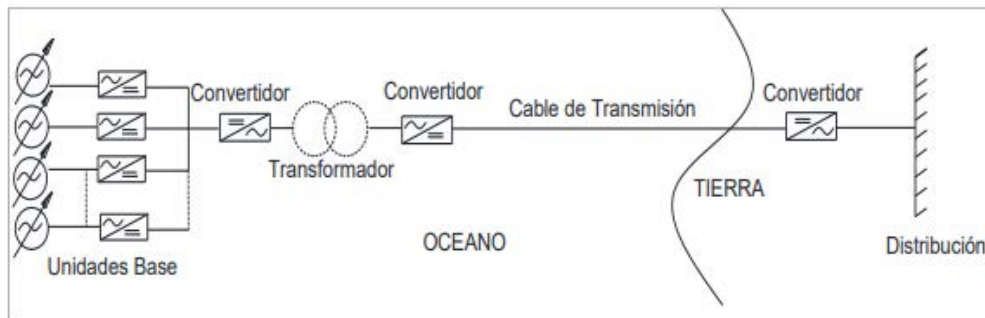


Figura 2.35: Conexión de energía undimotriz

Fuente: Elaboración propia

2.2. Marco Contextual

2.2.1. Descripción y localización del área objeto de estudio.

La minicentral hidroeléctrica se encuentra ubicada en playa Chiquita, la cual se encuentra en la costa de Sosúa, específicamente a 28.2 kilómetros en transporte terrestre de la ciudad de Puerto Plata. (véase figuras 2.36-2.37).



Figura 2.36: Mapa de la ubicación de la Playa Chiquita, Sosúa, Puerto Plata

Fuente: Google Maps

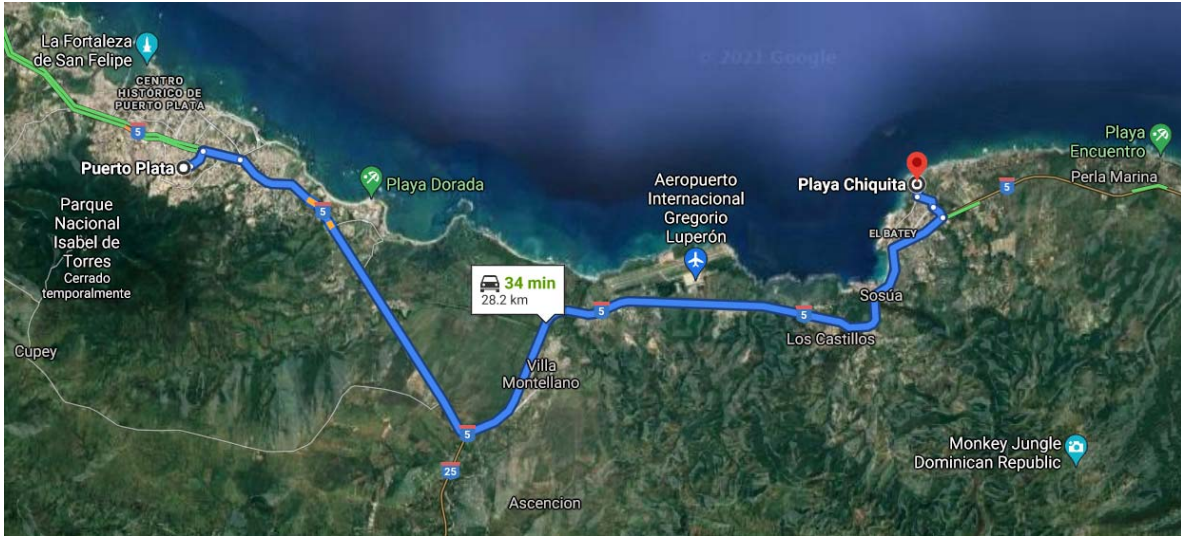


Figura 2.37: Ubicación del área objeto de estudio

Fuente: Google Maps

El área de estudio se encuentra en un punto intermedio del tramo costero Cabo Francés Viejo-La Isabelita. (véase figura 2.38)

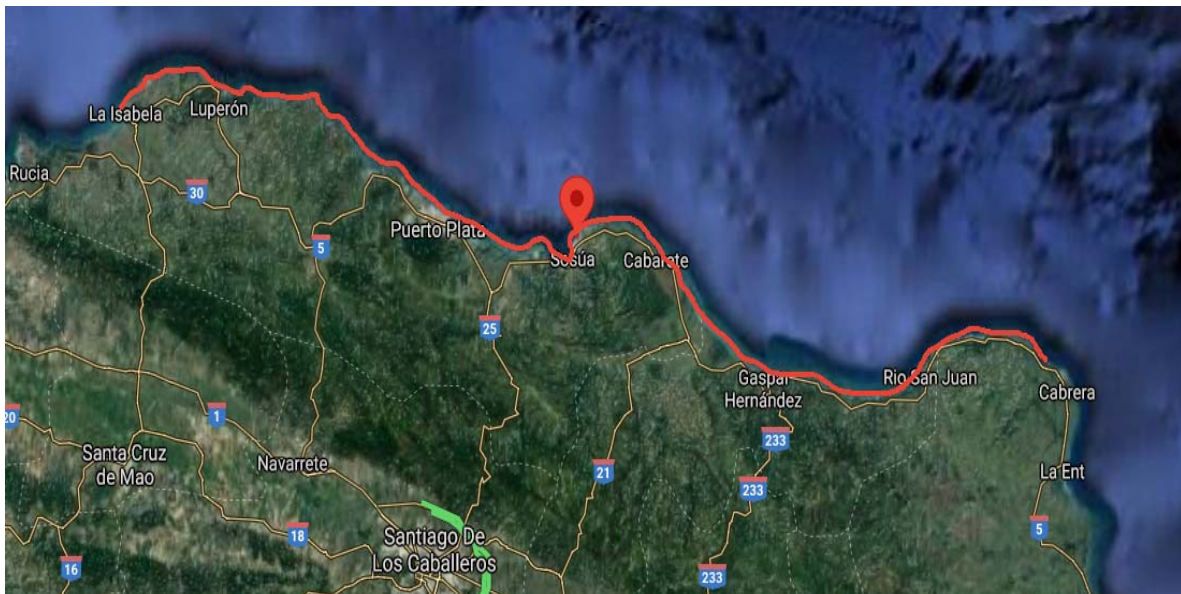


Figura 2.38: Ubicación del área objeto de estudio dentro de costa Cabo Francés Viejo - La Isabela

Fuente: Google Maps

Según el mapa de la costa, obtenido en el Instituto Cartográfico Militar, las profundidades que se manejan en el área objeto de estudio oscilan entre 38 y 276 metros de profundidad. (véase figura 2.39)



Figura 2.39: Profundidades del área objeto de estudio

Fuente: Instituto Cartográfico Militar

CAPÍTULO III:
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque es cuantitativo, se procedió a recopilar datos de diferentes variables, como son las olas producidas en la Playa Chiquita, provincia de Puerto Plata, se tomó en cuenta una determinada muestra de habitantes, entre otros datos a evaluar, para luego ser analizados y posteriormente interpretados para los fines de dicha investigación.

3.2. Tipo de investigación

Según el estudio propuesto, de acuerdo con los siguientes criterios de investigación, la investigación se puede clasificar:

De acuerdo con el enfoque global: la investigación es básica.

Según el objetivo: es descriptiva, debido a que busca exponer, describir, presentar o identificar aspectos propios de un sistema determinado, en nuestro caso, el funcionamiento de un sistema de PowerBuoy.

Según la recogida de datos: la investigación bibliográfica/documental, debido a que se recolectó la información de fuentes literarias, tanto en forma física como digital.

3.3. Metodología de Investigación

Se ha recolectado información mediante vía web y presencial, de diferentes instituciones y organismos gubernamentales, tales como la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), la Empresa Distribuidora de Electricidad del Norte S.A. (EDENORTE Dominicana S.A.), Instituto Cartográfico Militar. De igual manera se procedió a recolectar información de normas internacionales tales como Electrical Installation Guide.

Mediante la obtención de estos datos se procedió a realizar un estimado del oleaje promedio disponible en la zona de estudio, la demanda energética de la muestra de habitantes seleccionada y a determinar la cantidad de dispositivos requeridos. Por otro lado, también se verificó la altura disponible de la costa y se procedió a seleccionar el lugar de emplazamiento de los equipos.

3.4. Técnicas de investigación

En este trabajo las técnicas de investigación que se utilizaron fueron la del análisis documental, ya que la mayoría de la información teórica de este trabajo fue recopilada a partir de varias fuentes y posteriormente interpretada.

3.5. Fuente de información

La fuente de información buscada será a partir de consultas bibliográficas, estará basada en el uso de lectura de casos existentes en libros y estudios realizados, vinculados al tema de investigación y consultas web gráficos.

3.6. Población y muestra

Para este trabajo la población y muestra es no probabilística, debido a que se seleccionó una muestra por conveniencia.

3.6.1. Criterios de selección de la muestra

Las muestras empleadas en este trabajo fueron elegidas, como se mencionó anteriormente por conveniencia. Se eligió una cantidad de 200 viviendas, cada una con un área estimada de 140 m², y una población de aproximadamente 5 personas por vivienda, para

una población total estimada de 1000 habitantes, a los cuales se les deberá suministrar la energía producida por el equipo objeto de esta investigación.

3.7. Análisis de los datos

El análisis de los datos e información obtenida se hará de manera interpretativa. Esto se debe a que este trabajo consiste esencialmente en buscar, estimar e interpretar datos y resultados.

CAPÍTULO IV:
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y desarrollo de una minicentral Hidroeléctrica en Playa Chiquita

En este capítulo se va a describir el análisis para la selección e instalación de los dispositivos captadores de energía, cada uno de los elementos que serán utilizados tienen sus propias especificaciones técnicas para la instalación, de acuerdo con las condiciones geográficas y marinas donde será ubicado el dispositivo captador de energía de las olas. Se revisarán los dispositivos flotadores, se va a utilizar específicamente POWER BUOY (Boya de Poder).

4.2. Descripción del dispositivo POWER BUOY

Tecnología

El dispositivo captador de energía de las olas se denomina PB150 que es construido por la empresa OPT (Ocean Power Technologies). El PB 150 está diseñado para producir electricidad en oleajes que van desde 1 a 6 metros con una profundidad de agua mínima de 55 metros. La boya de potencia (Power Buoy) produce electricidad a partir del movimiento vertical del flotador en relación con el larguero estacionario. Este movimiento impulsa un sistema mecánico acoplado a generadores y produce corriente alterna. El dispositivo se ancla utilizando un sistema de amarre de tres puntos.



Figura 4.1. OPT PowerBuoy

Fuente: Ocean Power Technologies

4.3. Funcionamiento del dispositivo

El PowerBuoy PB150 utiliza dos pistones hidráulicos conectados a un flotador para empujar el fluido a través de una turbina; Esta turbina hace girar un generador, que a su vez genera energía eléctrica. El sistema es de bajo mantenimiento, amigable con el medio ambiente, y no requiere combustibles fósiles

4.4. Diseño del dispositivo Power Buoy

El PowerBuoy PB150 fue diseñado para generar una potencia de manera confiable en olas desde 1 metro (y hasta casi 6 metros), y su sistema de amarre de tres puntos garantiza seguridad y estabilidad en diferentes condiciones de tormenta, marea y corriente. Los PB150 pueden proporcionar una salida máxima de 150 KW. Sólo unos 9 metros de la PB150 de 44 metros de longitud total sobresale por encima de la línea de flotación. A continuación, en la figura se observa las dimensiones del dispositivo.

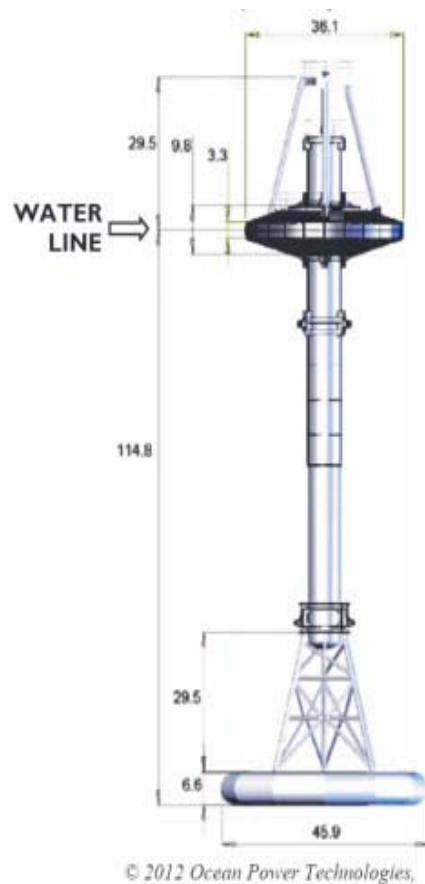


Figura 4.2: Dimensiones del dispositivo Power Buoy en pies

Fuente: Ocean Power Technologies

Peak Rating	150 kW
Capacity factor (range)	30%-45%
Overall Length	144 ft.
Height above waterline	29.5 ft.
Float diameter	36.1 ft.
Weight	150 tons
Design life	25 years
Output Voltage & Frequency	600 V at 60 Hz 575 V at 50 Hz
Power Factor:	± 0.9
Mooring	Three-point
Deployment	Tow-out with standard tug
Wave height (range for normal operation)	1 to 6 meters
Water depth (min)	55 meters

Figura 4.3: Parámetros del dispositivo Power Buoy

Fuente: (Schwartz & Mentzer, 2011)

Por último, todos los PowerBuoy están equipados con sistemas de comunicación por fibra óptica y control de supervisión y adquisición de datos (SCADA); Además, el uso de las subestaciones submarinas patentadas de OPT permite conectar hasta diez PB150 a un solo cable de transmisión Mar tierra, lo que reduce los costes y el tiempo de construcción.

4.5. Emplazamiento del equipo

Para el emplazamiento del equipo se partió por observar las dimensiones y especificaciones de este. Según las especificaciones del mismo, la profundidad mínima para su instalación es de 55 metros, por lo que se procedió a ubicar el equipo en una zona cercana a la costa con una profundidad mayor a esta.

4.6. Determinación número de dispositivos

4.6.1. Estimación del oleaje en Playa Chiquita

A partir de los datos suministrados por la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), la cual nos proporciona las alturas mínimas y máximas de las olas en un determinado periodo de tiempo, se tomó una serie de datos que abarcan un periodo de tiempo de un (1) año y seis (6) meses, mediante los cuales se obtuvieron los siguientes valores:

Oleaje mínimo (mts)	Oleaje Promedio (mts)	Oleaje máximo (mts)
0.99	1.26	1.53

Tabla 1: Oleajes promedio Costa Cabo Francés Viejo - La Isabela

Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Estimación de la potencia de la PowerBuoy (Boya de poder)

Cada uno de estos dispositivos tiene una generación máxima de 150 Kw, correspondiente a un oleaje de 6 metros. Según datos experimentales, a una altura de 2 metros la potencia obtenida fue de 50 Kw, por lo que la potencia varía proporcional a la altura. De modo que la potencia para el oleaje promedio se puede estimar como:

$$P_{\text{neto}} = 50 \text{ Kw} * 1.26 \text{ m} / 2 \text{ m} = 31.5 \text{ Kw}$$

El factor de potencia de estos equipos oscila en un aproximado de 90%, por lo que la potencia obtenida será:

$$P = P_{\text{neto}} * 0.9 = 31.5 \text{ Kw} * 0.9 = 28.35 \text{ Kw}$$

El voltaje de salida y frecuencia del dispositivo será: 600 v, 60hz, 3Ø

El rango de alturas de las olas para generación eléctrica del dispositivo debe oscilar entre 1 y 6 metros.

4.6.3. Cálculo potencia y consumo eléctrico

Debido a que el consumo de los aparatos es relativamente igual en cualquier parte del mundo, la potencia por vivienda se estima a partir de la siguiente tabla:

Tipo de actividad	Watts por metro cuadrado	Factores de demanda (%)	
		Conductores de acometida	Alimentadores
Bodegas	30	100	100
Oficinas:			
Primeros 930m2	50	90	100
Sobre 930m2	50	70	90
Industrial, comercial	25	100	100
Iglesias	10	100	100
Garaje	10	100	100
Edificios de almacenaje	5	70	90
Teatro	30	75	95
Auditorio	10	80	100
Bancos	25	100	100
Clubes	30	90	100
Viviendas	25	100	100

Tabla 2: Watts por metro cuadrado y factores de demanda para acometidas y alimentadores para predios según tipo de actividad

Fuente: (Alvarado, 2007)

Datos:

1 Kw = 1000 Watt

Número de viviendas: 200 unidades

Área de construcción de vivienda: 140 metros cuadrados

$$\text{Potencia eléctrica por vivienda} = (140 \text{ m}^2 * 25 \text{ watt/m}^2) / 1000 = 3.50 \text{ Kw}$$

Consumo eléctrico = 456.6 Kwh/Mes = 0.63 Kwh (Se consiguió usando la calculadora residencial de edeeste, asumiendo una vivienda con aparatos como un aire acondicionado, televisores, abanicos etc...)

4.6.4. Cantidad de dispositivos

Dado que la probabilidad de que las viviendas tengan su pico de potencia al mismo tiempo es muy baja, la Guia de diseño de instalaciones eléctricas, según normas internacionales IEC recomiendan un coeficiente de simultaneidad a partir de la siguiente tabla:

Number of downstream consumers	Diversity factor (ks)
2 to 4	1
5 to 9	0.78
10 to 14	0.63
15 to 19	0.53
20 to 24	0.49
25 to 29	0.46
30 to 34	0.44
35 to 39	0.42
40 to 49	0.41
50 and more	0.38

Tabla 3: Coeficientes de simultaneidad de potencia en base al número de viviendas

Fuente: Electrical Installation Guide

En base a potencia eléctrica:

$$N = (3.5 \text{ Kw} * 200 \text{ Viviendas} * 0.38) / 28.35 \text{ Kw} = 9.38$$

Usar 10 dispositivos

En base al consumo eléctrico:

Debido a que un Kwh es un Kw aplicado en un periodo de tiempo de 1 hora, 28.35 Kwh = 28.35 Kw aplicado por 1 hora

$$N = (0.63 \text{ Kwh} * 200 \text{ Viviendas}) / 28.35 \text{ Kwh} = 4.44$$

Usar 5 dispositivos

En resumen, para suplir la potencia requerida se necesitan 10 dispositivos y para suplir el consumo se necesitan 5. De estos valores se elige el de 10 dispositivos, ya que es el que cumple con ambos requisitos energéticos.

4.7. Metodología de instalación PowerBuoy

La metodología de la instalación de estos dispositivos se realiza en dos fases:

- La instalación de amarre.
- La instalación de la POWERBUOY.

4.8. Instalación de amarre

- Se llevará a cabo utilizando un remolcador de maniobra de anclaje equipado con una grúa y buques de apoyo.

- El remolcador de maniobra de anclaje se cargará en un puerto cercano con todo el equipo necesario para la instalación de tres anclajes, junto con todos los equipos auxiliares requeridos.
- El remolcador de maniobra de anclaje también tendrá que trabajar con el equipo encargado del manejo de un ROV (Vehículo operado remotamente).
- La instalación de los anclajes de empotramiento se realizará desde el remolcador de maniobra de anclaje. El remolcador de maniobra de anclaje será asistido por buques de asistencia apropiadamente calificados y certificados.
- Los bloques de anclajes serán de hormigón de 6x6x3 metros y de 165 toneladas métricas y su ubicación será como se observa en la siguiente figura.
- Una vez finalizada la instalación de los amarres, la ubicación será registrada y notificada a las autoridades competentes.
- El extremo interno de cada cable de anclaje se marcará temporalmente con una boya de banderín para permitir que se capte el amarre.
- La extensión de la instalación podría entonces ser desmovilizada de nuevo al puerto y las amarras dejadas en su sitio mientras se espera la instalación de la Boya de Potencia (POWER BOUY).

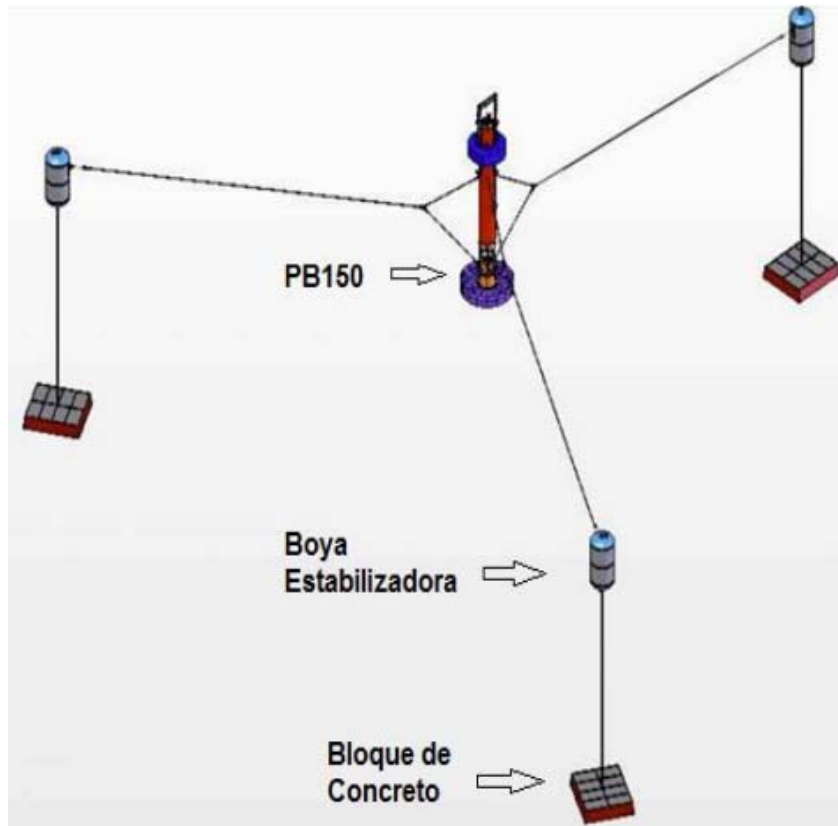


Figura 4.4: Instalación de amarre

Fuente: (Technologies, PowerBuoy, 2011)

4.9. Instalación de POWERBUOY

Una vez que se instale el sistema de amarre PowerBuoy, este dispositivo será remolcado al sitio y se continuará con el proceso de instalación.

La boya de la energía (POWERBUOY) será remolcada por buques del lugar de la playa a una distancia de 2000 metros aproximadamente.



Figura 4.5: Powerbuoy

Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

El dispositivo se someterá a una configuración horizontal y se asegurará entre dos pontones (plataforma flotante). El remolque consta de dos remolcadores y dos pontones.

La operación para instalar el PowerBuoy se llevará a cabo inmediatamente a la llegada del remolque al sitio.

El dispositivo PowerBuoy será liberado de los pontones y ubicado en una posición vertical bajo el control de uno de los remolcadores como se muestra en la figura a continuación.



Figura 4.6: Powerbuoy

Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

El dispersivo PowerBuoy será pre-equipado con las bridas de amarre y las líneas de amarre interiores que será conectada a las líneas de amarre exteriores del amarre pre-instalado.

4.10. Período de Instalación, operación y mantenimiento del dispositivo captadores de olas POWERBUOY

El dispositivo PowerBuoy tendrá un período de instalación de 3 a 4 meses.

El dispositivo PowerBuoy está diseñado para que su mantenimiento este programado en periodos de entre 5 a 6 años.

El control y las comunicaciones con el dispositivo en el momento de la instalación serán realizados por un buque de reserva, dicho buque realizará controles periódicos en el dispositivo.

El equipo de mantenimiento supervisará el rendimiento de la turbina a través de los enlaces de comunicaciones que existirán en el dispositivo POWER BUOY.

4.11. Subestación submarina (Underwater Substation Pod - USP)

Los proyectos offshore tienen una serie de dispositivos (turbinas, convertidores de energía de las olas, dispositivos de marea) que necesitan ser conectados en red costa afuera de manera que un solo cable submarino pueda exportar la energía a la costa. OPT ha analizado completamente estos requerimientos y ha desarrollado una solución innovadora llamada USP o Subestación submarina. A continuación, en la figura se muestra un esquema de su instalación.

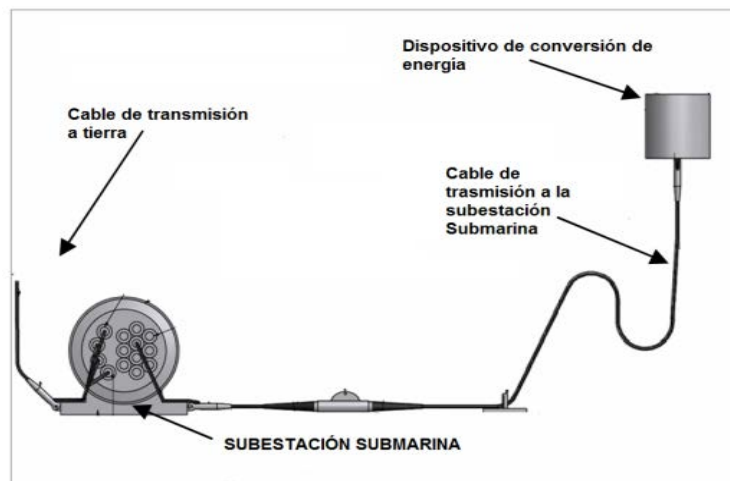


Figura 4.7: Subestación submarina

Fuente: (Technologies, PowerBuoy, 2011)

El USP también actúa como un nodo central para un sistema SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos) que comunica con fibra óptica a través del cable submarino a tierra. A continuación, en la figura se muestra un esquema de la instalación de los equipos de generación en la subestación submarina.

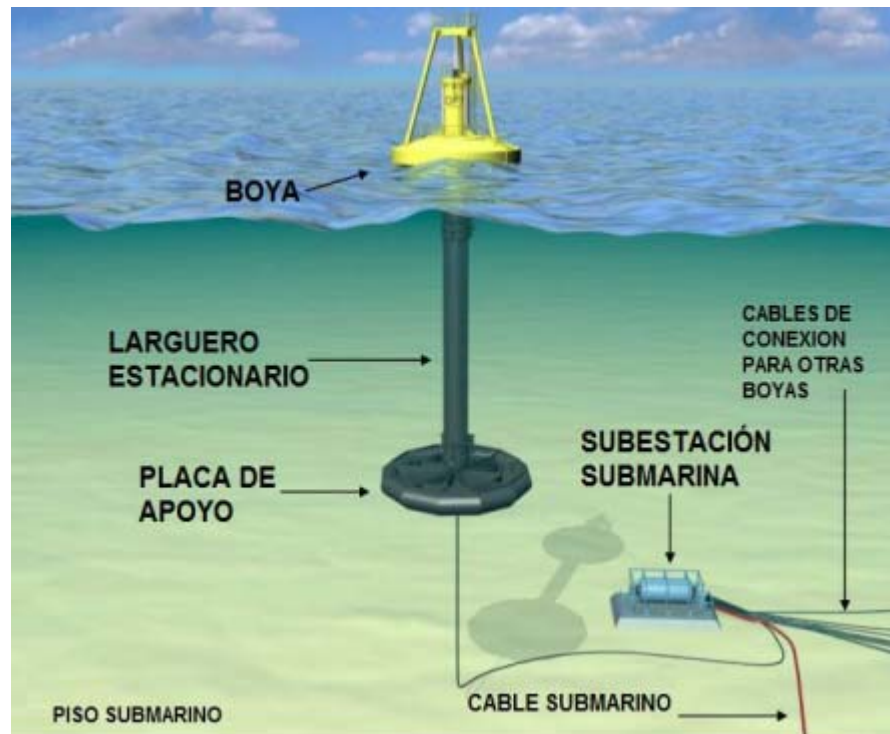


Figura 4.8: instalación de los equipos de generación en la subestación submarina

Fuente: (Technologies, PowerBuoy, 2011)

4.12. Características de la subestación Submarina USP

- Diseñado para el despliegue en profundidades mayores de 50 m.
- El USP se compone de un recipiente de presión hermético que contiene equipos de distribución de energía de baja tensión

- Un transformador de paso a media tensión para la transmisión eficiente de energía, Sistema SCADA y otros equipos auxiliares como un dispositivo de procesamiento de la placa de corte de corriente, que lleva:

- Disyuntores
- Protección contra sobretensión (varistores).
- Sensores de corriente LEM
- Resistencia de neutro a tierra
- Rectificadores pasivos de diodos de seis pulsos con 100 diodos A de Semikron
- Sensores de corriente continúa

A continuación, en la figura se muestra la estructura interna de la subestación submarina que se va a utilizar.



Figura 4.9: estructura interna de la subestación submarina

Fuente: (Technologies, PowerBuoy, 2011)

La USP (Underwater Substation Pod) recolecta y transforma la energía de bajo voltaje generada en alta mar a un voltaje mayor para la transmisión a tierra. En el caso de la Powerbuoy, la salida eléctrica de convertidores de energía de onda flotante de superficie alimenta a la USP a una tensión de 600V y es elevada a 13.2KV.

4.13. Fiabilidad y ciclo de vida

La USP (Subestación submarina) tiene una vida útil de 30 años con mínimos requerimientos de mantenimiento. Todos los elementos del equipo están diseñados para toda la vida y se prevé un período de mantenimiento programado de 10 años. Posee sistemas de control eficientes; la USP tiene 20% de capacidad sobrante (flexibilidad).

El equipo de conmutación de la USP proporciona protección contra fallos del dispositivo de energía y cables de transmisión en tierra y proporciona capacidades de desconexión para permitir el servicio de los dispositivos y cables de energía individuales. A continuación, se observa en la figura las partes que conforman la subestación submarina.

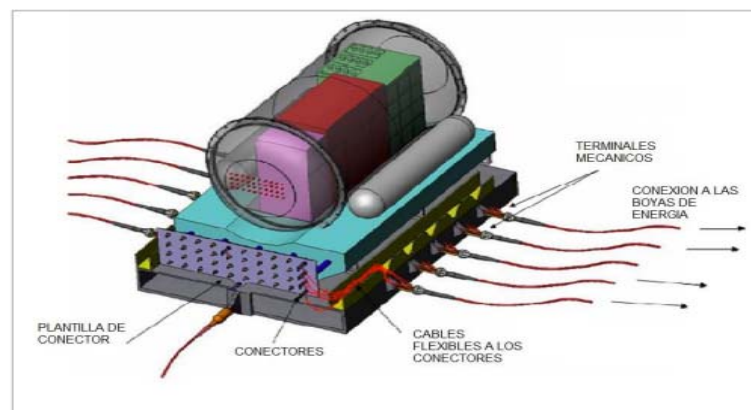


Figura 4.10: Estructura de la Subestación Submarina (USP)

Fuente: (Technologies, PowerBuoy, 2011)

4.14. Conectores de la Subestación Submarina

La USP utiliza una metodología de conector en línea para proporcionar conectividad plug and play para cualquier dispositivo conectado a la USP. A continuación, en la figura se muestra el tipo de conector a utilizarse.

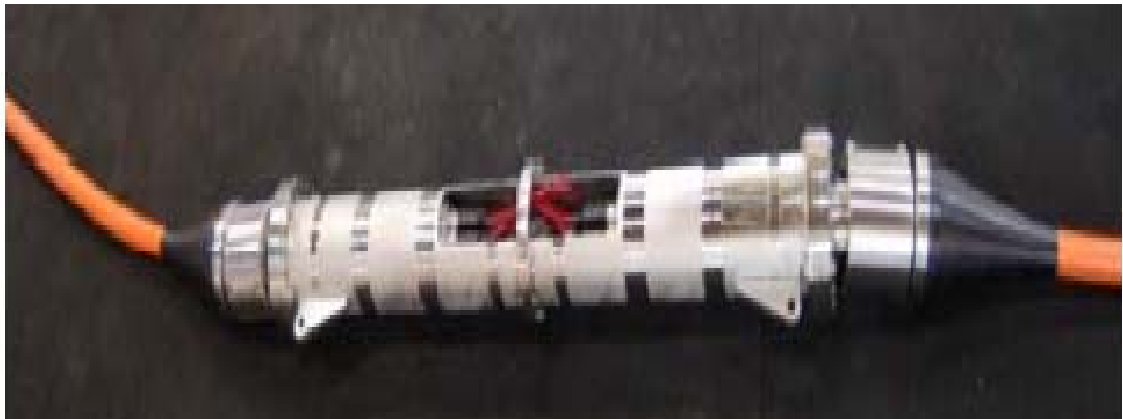


Figura 4.11: Conectores de la Subestación Submarina (USP)

Fuente: (Technologies, Underwater Substation Underwater Substation, 2008)

Las conexiones y desconexiones innovadoras están diseñadas para ser realizadas en la superficie del mar utilizando buques estándar. Esto significa que la propia USP no se eleva a la superficie para ninguna conexión de dispositivo.

4.15. Potencia del transformador offshore

Considerando la potencia eléctrica por vivienda de 3.50 Kw (calculada en el acápite 4.5.3) y teniendo en cuenta que el número de viviendas estimadas es de 200 unidades, podemos decir que:

Total de Demanda = Potencia * Número de viviendas = 3.50 Kw/vivienda * 200 viviendas

Total de Demanda = 700 Kw

Aplicando el factor de coincidencia del 38%

Total de Demanda = $700\text{Kw} * 0.38 = 266 \text{ Kw}$

Teniendo en cuenta un factor de potencia de unos 0.90

Capacidad del transformador = $(266 \text{ Kw} / 0.90) = 295.56 \text{ KVA} + \text{factor reserva } 15\%$

Capacidad del transformador = $295.56 \text{ KVA} + 295.56 \text{ KVA} * 0.15 = 339.89 \text{ KVA}$

4.16. Transformador a utilizar

Para la subestación submarina de la mini generadora Hidroeléctrica se utilizará un transformador tipo sumergible elevador de 600v/13.2 KV trifásico con una potencia nominal de 340 KVA.

4.17. Características del transformador sumergible a utilizar

El transformador sumergible se usa en circuitos de distribución que trabajen en ambientes corrosivos e inundaciones prolongadas, se fabrican cumpliendo normas NTC, ANSI y EDC (transformadores Sumergidos). A continuación, en la figura se observa la estructura del transformador sumergible. (MAGNETRON, 2016).



Figura 4.12: Transformador Sumergible

Potencia

Trifásicos desde 30 KVA hasta 2500 KVA

Nivel Básico de Aislamientos

BIL 95 Kv hasta BIL 150 Kv

Construcción del Transformador Sumergible

Estos transformadores tendrán en su parte activa:

El núcleo

- De material de lámina de acero al silicio
- Grano orientado
- Lamina en frío aislada por ambas caras
- Bajas pérdidas y alta permeabilidad

Bobina

- Con devanados de cobre
- Aislamiento de papeles de alta calidad recubiertos con resina epóxica.

Tanque

- Construidos con materiales resistentes a la corrosión.
- Se fabrica en lámina de acero inoxidable

Protección y accesorios

- Elementos en alta tensión Elastoméricos
- Bayonetas de posesión vertical
- Fusible tipo Canister
- Bujes tipo pozo que les permite quedar inmerso en aceite
- Nivel de aceite

4.18. BIL (Nivel Básico de Aislamiento) del Transformador

Para conocer la medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador para resistir los picos de muy alta tensión y corta duración se determinará en base a:

- Protección de tensión proporcionada.
- Diseño del aislamiento eléctrico.
- Tipos de sobretensiones al cual se enfrentará probablemente el equipo.

A continuación, una tabla de los niveles típicos de BIL con las diferentes clases de tensión.

Niveles Típicos de BIL con sus tensiones

Clases de Tensión Voltios	BIL Correspondiente
600 Voltios	10 KV
2400 Voltios	25 KV
15 KV	95 KV
25 KV	125 KV

Elaboración propia

4.19. Distribución de la energía eléctrica generado por sistema undimotriz

La energía generada por los equipos será llevada a la costa de la playa, mediante un cable submarino, a partir de este punto se interconectada a la subestación eléctrica Edenorte Sosúa, ubicada en el sector El Batey, Sosúa, Puerto Plata. La misma se encuentra a aproximadamente a 2.4 km, en transporte terrestre, de la Playa Chiquita.

La subestación eléctrica Edenorte Sosúa se encuentra conectada a la red eléctrica nacional, por lo que posteriormente se encargará de distribuir la energía generada a la población.

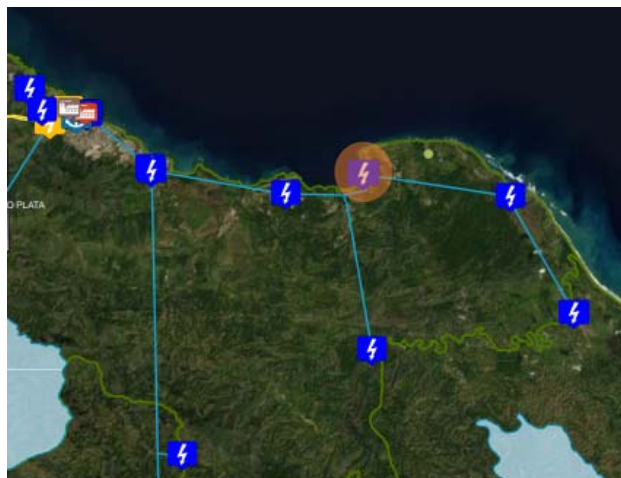
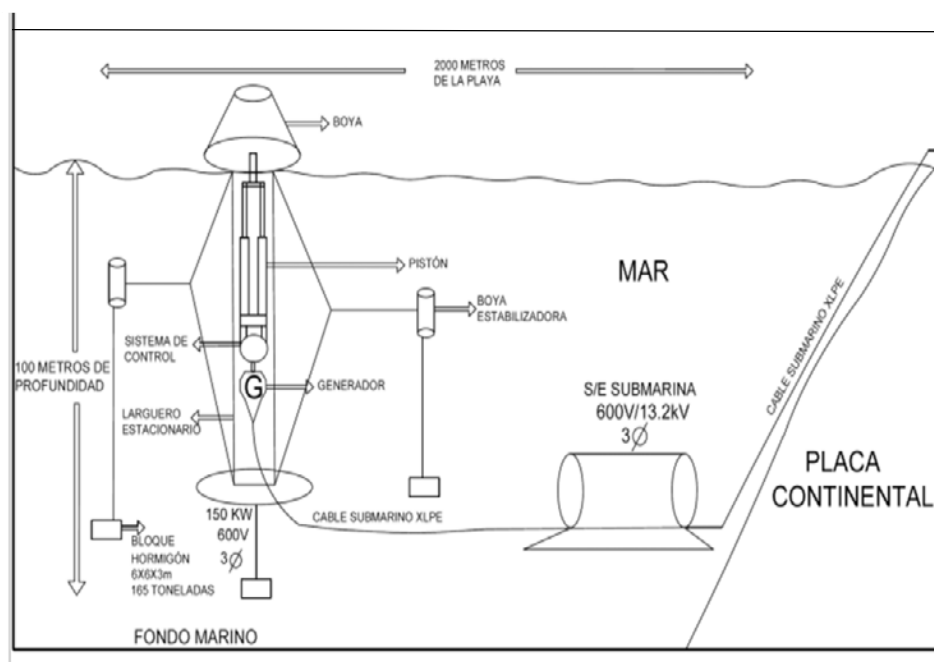


Figura 4.13: Ubicación Subestación Eléctrica Edenorte Sosúa

Fuente: Comisión Nacional de Energía

4.20. Esquema sistema de generación energía undimotriz



CONCLUSIONES

Las hidroeléctricas son una alternativa en la búsqueda de obtener energía limpia e inagotable y fomentar el desarrollo sostenible de la población. Nuestro proyecto busca incentivar la utilización del mar, explorando el recurso undimotriz, ya que existe una gran cantidad de energía en las olas que se generan en los perfiles costeros del mundo, la cual se puede aprovechar para generar energía sin afectar afectando en menor proporción el medio ambiente.

En el presente trabajo se dan a conocer los aspectos principales para el diseño de una minicentral de generación de energía undimotriz, utilizando la tecnología PowerBuoy como dispositivo captador de energía de las olas. Los resultados obtenidos se describen a continuación:

- Altura del oleaje promedio obtenido en la costa de estudio: 1.26 metros.
- Potencia generada por cada dispositivo captador: 28.35 Kw.
- Cantidad de dispositivos captadores para suplir la potencia energética requerida: 10 dispositivos PowerBuoy PB150.
- Dispositivo para transformar la energía producida: 1 transformador tipo sumergible elevador de 600v/13.2 KV trifásico con una potencia nominal de 340 KVA.

Según los resultados obtenidos en este trabajo de grado, podemos concluir que la minicentral cumple su función de abastecer a una población de 1000 habitantes, o en su defecto, un estimado de 200 viviendas. Por otro lado, cabe destacar, que el oleaje promedio obtenido sólo permite el aprovechamiento de un 18.9% (28.35 Kw / 150 Kw) de la capacidad total de cada dispositivo captador, por lo que, aunque funcione no resulta una solución muy eficiente.

Se destaca que se cumplieron los objetivos, llegando a diseñar y obtener los parámetros necesarios para la correcta instalación y emplazamiento de la minicentral hidroeléctrica con aprovechamiento undrimotriz en la Playa Chiquita, Sosúa, Provincia de Puerto Plata.

RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir incentivando al análisis y aprovechamiento de la energía undimotriz en el mundo, implementando tanto el sistema PowerBuoy como las diferentes tecnologías captadoras de esta energía.

De igual manera, se recomienda también:

Incluir mejores técnicas de control que se puedan utilizar en el sistema de conversión undimotriz y un análisis de la viabilidad de este tipo de tecnologías dada las condiciones naturales del país.

Creación de un manual de diseño que detalle los procedimientos que deben llevarse a cabo para implementar este tipo de tecnologías y que además incluya las características costeras de las regiones del país.

Continuar aplicando la metodología descrita en esta investigación, con el fin de perfeccionarla tanto para el diseño como para la evaluación de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, F. B. (2007). *Metodología para el cálculo de factores de simultaneidad y demanda*. Lima-Perú.

Arnabat, I. (20 de Mayo de 2020). *Calor y Frio*. Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/glosario-terminos-ambientales-energias-renovables.html#energia-de-las-olas-undimotriz>

Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID). (s.f.). *SISMAP MUNICIPAL*. Obtenido de <https://www.sismap.gob.do/Municipal/Directorio/Dir/Details/255#:~:text=Historia,a%20coplada%20a%20un%20motor%20el%20C3%A9ctrico>.

Geoenciclopedia. (s.f.). Obtenido de <https://www.geoenciclopedia.com/olas/>

Grupo Novelec. (20 de Septiembre de 2017). *Blog de Grupo Novelec*. Obtenido de Sitio Web de Grupo Novelec: <https://blog.gruponovelec.com/energias-renovables/tipos-energias-renovables/>

Isan, A. (22 de Noviembre de 2017). Obtenido de Sitio Web de Energía Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-energia-undimotriz-372.html>

Naturales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos. (25 de Septiembre de 2018). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de Sitio Web del Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/beneficios-de-usar-energias-renovables-172766>

Ramos, R. (24 de Octubre de 2011). *Eco Medio Ambiente*. Obtenido de Pagina Web de Eco Medio Ambiente: <http://ecomedioambiente.com/energias-renovables/energia-undimotriz/#:~:text=Est%20formada%20por%20una%20boya,4%20m%20hasta%2012%20m.&text=El%20movimiento%20de%20la%20boya,generador%20que%20produce%20energ%20el%20C3%A9ctrica>.

Renovables, A. d. (2018). *Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España*. España.

Rivera, R. C. (s.f.). *ENERGIA UNDIMOTRIZ, ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Ecuador.

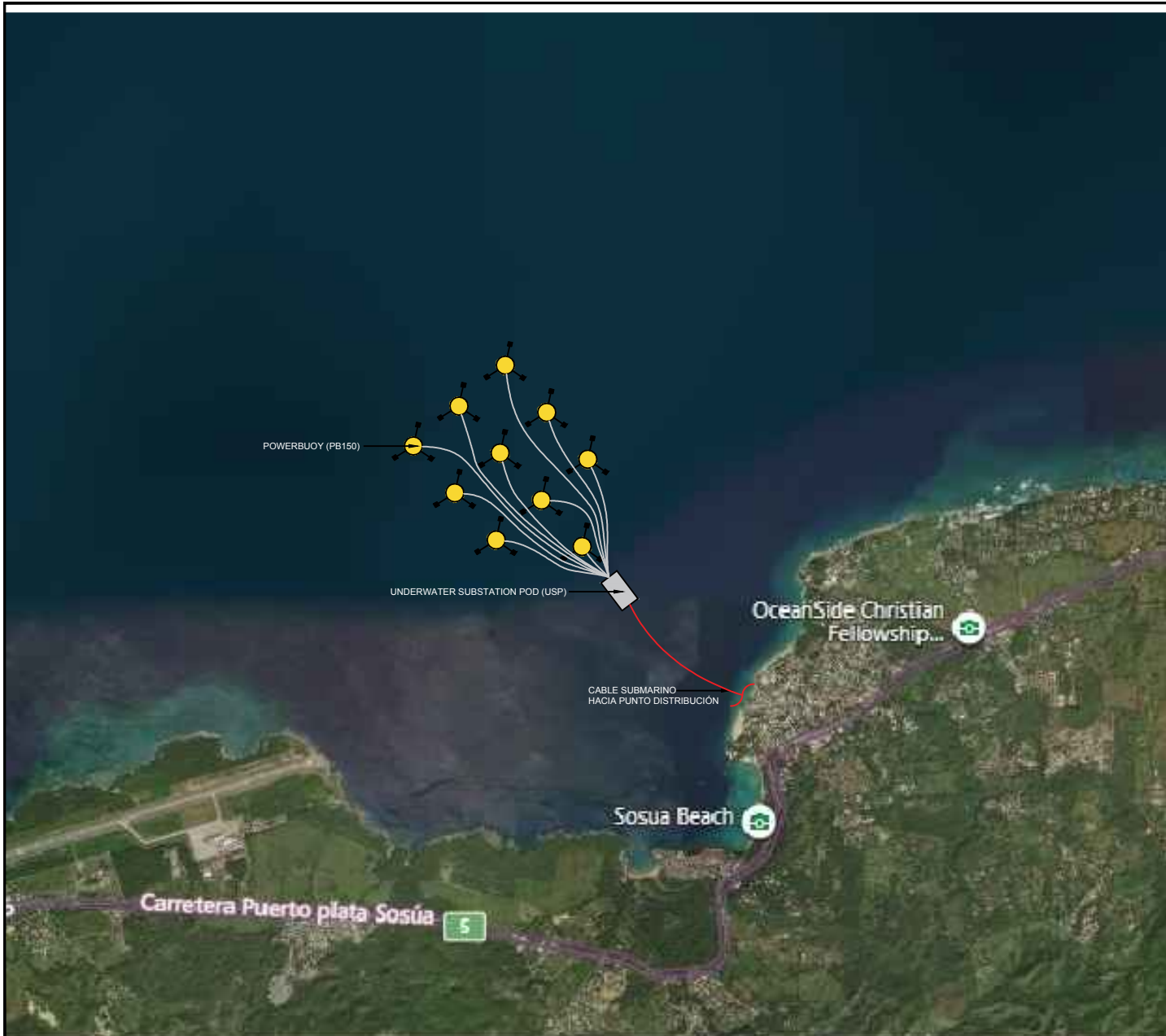
Schneider Electric S.A. (2016). *Electrical Installation Guide*.

Veiga, J. M. (2019). El Universo de las Energías Renovables. En J. M. Veiga, *El Universo de las Energías Renovables* (págs. 284-285). Blurb.

Web, A. d. (17 de Enero de 2018). *Cuidemos Nuestro Planeta, Ecología y Medio Ambiente*. Obtenido de Pagina Web de Cuidemos nuestro planeta: <https://cuidemoselplaneta.org/energias-renovables/>

ANEXOS

ANEXO 1. PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LOS EQUIPOS



02 IMAGEN REFERENCIA POWERBUOY
ESCALA N/A



03 IMAGEN REFERENCIA USP
ESCALA N/A

01 PLANTA EMPLAZAMIENTO COMPONENTES
ESCALA N/A

UNPHU UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ URSUA	FACULTAD Y ESCUELA: FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA - ESCUELA INGENIERIA CIVIL	NOMBRE DEL PROYECTO: MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA PLAYA CHIQUITA	BITÁCORA DE EMISIONES		BITÁCORA DE EMISIONES		PRESENTADO Y PREPARADO POR:		NOMBRE: PLANTA EMPLAZAMIENTO COMPONENTES MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA PLAYA CHIQUITA		
			EM	FECHA (D/M/A)	PROPÓSITO	EM	FECHA (D/M/A)	PROPÓSITO		PREPARADO POR:	
										● NOMBRE: Ariel Antonio Motos Uceta	● MATRICULA: 15-0764
										● NOMBRE: Juan José Hidalgo Bencomo	● MATRICULA: 14-1913
			A	19-08-2021	PARA APROBACIÓN			CODIGO DEL PLANO			
							PROYECTO AREA ESTADISTICO SOBRE REVISOR				
							MCH-001 HD 101 A				

ANEXO 2. TABLAS DE CÁLCULOS Y GRÁFICOS

Fecha	Altura mínima de olas (metros)	Altura mínima de olas (pies)	Altura promedio de olas (metros)	Altura promedio de olas (pies)	Altura máxima de olas (metros)	Altura máxima de olas (pies)
01/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/01/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
03/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/01/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
05/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/01/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
10/01/2020	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
11/01/2020	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
12/01/2020	2.7432	9	2.8956	9.5	3.048	10
13/01/2020	2.1336	7	2.4384	8	2.7432	9
14/01/2020	2.1336	7	2.4384	8	2.7432	9
15/01/2020	2.1336	7	2.286	7.5	2.4384	8
16/01/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
17/01/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
18/01/2020	2.4384	8	2.8956	9.5	3.3528	11
19/01/2020	2.7432	9	2.8956	9.5	3.048	10
20/01/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
21/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
22/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
23/01/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
24/01/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
25/01/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
26/01/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
27/01/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
28/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/01/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/01/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
31/01/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
01/02/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
02/02/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
03/02/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
04/02/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/02/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
08/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
09/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
10/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
11/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
12/02/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7

13/02/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
14/02/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
15/02/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
16/02/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
17/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
18/02/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
19/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
20/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
21/02/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
22/02/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
23/02/2020	1.2192	4	1.8288	6	2.4384	8
24/02/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
25/02/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
26/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
27/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
28/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/02/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/03/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
02/03/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
03/03/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
04/03/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
05/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
06/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
07/03/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
08/03/2020	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
09/03/2020	3.048	10	3.048	10	3.048	10
10/03/2020	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
11/03/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
12/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
13/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
14/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
15/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
16/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
17/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
18/03/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
19/03/2020	1.8288	6	1.8288	6	1.8288	6
20/03/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
21/03/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
22/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
23/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
24/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
25/03/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
26/03/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
27/03/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
28/03/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
29/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
30/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5

31/03/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
01/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
03/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/04/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
07/04/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
08/04/2020	1.2192	4	1.2192	4	1.2192	4
09/04/2020	1.2192	4	1.2192	4	1.2192	4
10/04/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
11/04/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
12/04/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
13/04/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
14/04/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
15/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
17/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/04/2020	0.3048	1	0.9144	3	1.524	5
19/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
20/04/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
21/04/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
22/04/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
23/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/04/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
25/04/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
26/04/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
27/04/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
28/04/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
29/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/04/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
03/05/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
04/05/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
05/05/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
06/05/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
07/05/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
08/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
10/05/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
11/05/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
12/05/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
13/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/05/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
16/05/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5

17/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/05/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
19/05/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
20/05/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/05/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
22/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
23/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
26/05/2020	1.524	5	1.524	5	1.524	5
27/05/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
28/05/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
29/05/2020	0.3048	1	0.762	2.5	1.2192	4
30/05/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
31/05/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/06/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
02/06/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
03/06/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
04/06/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/06/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
06/06/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
07/06/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
08/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/06/2020	1.2192	4	1.2192	4	1.2192	4
10/06/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
11/06/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
12/06/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
13/06/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
14/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
17/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
19/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
20/06/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
21/06/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
22/06/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
23/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/06/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
26/06/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
27/06/2020	0.3048	1	0.762	2.5	1.2192	4
28/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/06/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4

03/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/07/2020	0.3048	1	0.762	2.5	1.2192	4
06/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/07/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
08/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
09/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
10/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
11/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
12/07/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
13/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/07/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
15/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
16/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
17/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/07/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
19/07/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
20/07/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/07/2020	0.3048	1	0.9144	3	1.524	5
22/07/2020	0.6096	2	1.0668	3.5	1.524	5
23/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
24/07/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
25/07/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
26/07/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
27/07/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
28/07/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
29/07/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
30/07/2020	2.7432	9	3.6576	12	4.572	15
31/07/2020	1.8288	6	2.286	7.5	2.7432	9
01/08/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
02/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
03/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/08/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
08/08/2020	0.6096	2	1.0668	3.5	1.524	5
09/08/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
10/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
11/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
12/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
13/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
14/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/08/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
17/08/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
18/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5

19/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
20/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
22/08/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
23/08/2020	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
24/08/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
25/08/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
26/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
27/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
28/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
31/08/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/09/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
02/09/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
03/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/09/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
06/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/09/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
08/09/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
09/09/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
10/09/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
11/09/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
12/09/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
13/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
17/09/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
18/09/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
19/09/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
20/09/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/09/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
22/09/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
23/09/2020	1.524	5	1.9812	6.5	2.4384	8
24/09/2020	1.524	5	1.9812	6.5	2.4384	8
25/09/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
26/09/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
27/09/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
28/09/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
29/09/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
30/09/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/10/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
03/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
04/10/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5

05/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
06/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
07/10/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/10/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
09/10/2020	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
10/10/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
11/10/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
12/10/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
13/10/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/10/2020	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
15/10/2020	0.3048	1	0.4572	1.5	0.6096	2
16/10/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
17/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
18/10/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
19/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
20/10/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
21/10/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
22/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
23/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
24/10/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
25/10/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
26/10/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
27/10/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
28/10/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
29/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
30/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
31/10/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
01/11/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
02/11/2020	1.8288	6	1.9812	6.5	2.1336	7
03/11/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
04/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
06/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
07/11/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
08/11/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
09/11/2020	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
10/11/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
11/11/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
12/11/2020	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
13/11/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
14/11/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
15/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
16/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
17/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
19/11/2020	1.8288	6	1.9812	6.5	2.1336	7
20/11/2020	2.1336	7	2.286	7.5	2.4384	8

21/11/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
22/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
23/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/11/2020	2.1336	7	2.286	7.5	2.4384	8
26/11/2020	2.1336	7	2.286	7.5	2.4384	8
27/11/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
28/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/11/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
02/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
03/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/12/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
09/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
10/12/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
11/12/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
12/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
13/12/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
14/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
15/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/12/2020	0.9144	3	0.9144	3	0.9144	3
17/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
19/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
20/12/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
21/12/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
22/12/2020	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
23/12/2020	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
24/12/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
25/12/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
26/12/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
27/12/2020	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
28/12/2020	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/12/2020	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
30/12/2020	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
31/12/2020	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
01/01/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
02/01/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
03/01/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
04/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/01/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
06/01/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3

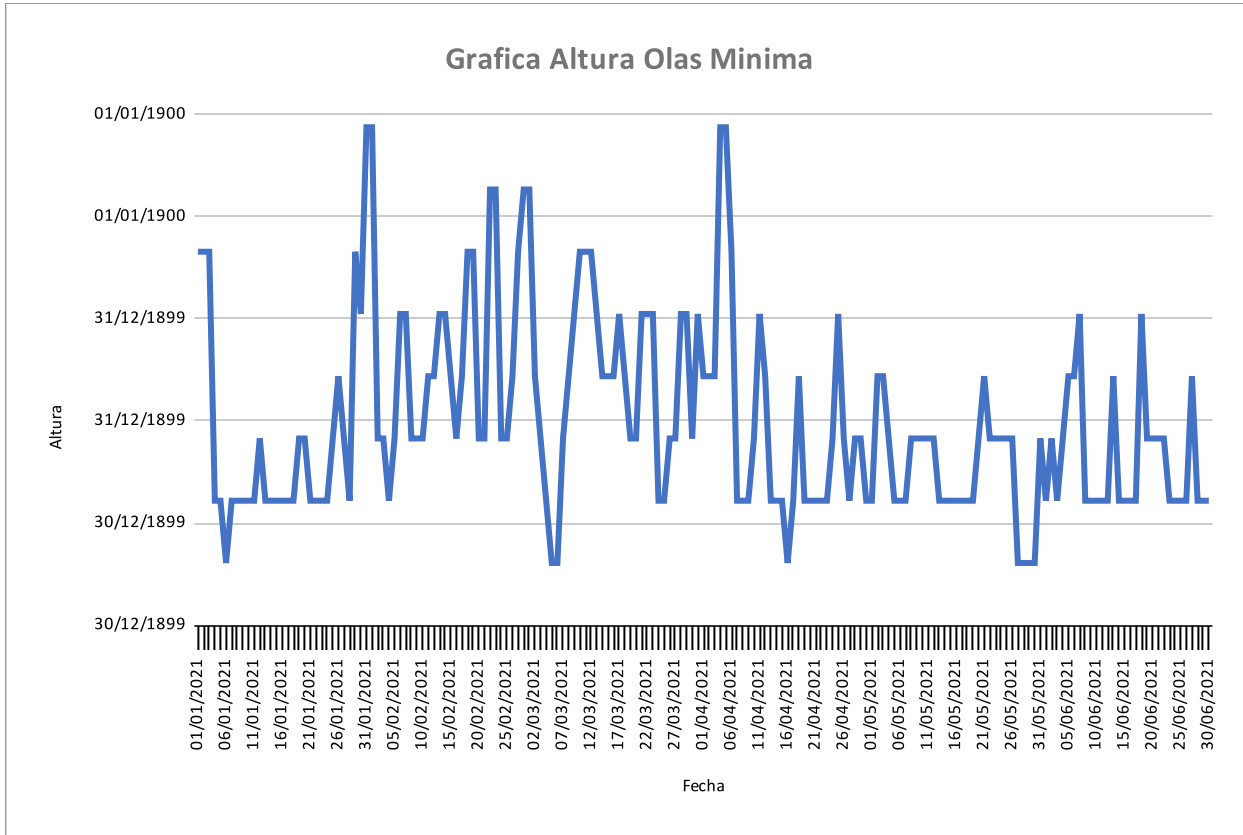
07/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
10/01/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
11/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
12/01/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
13/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/01/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
17/01/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
18/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
19/01/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
20/01/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
22/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
23/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/01/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
26/01/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
27/01/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
28/01/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/01/2021	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
30/01/2021	1.524	5	2.1336	7	2.7432	9
31/01/2021	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
01/02/2021	2.4384	8	2.7432	9	3.048	10
02/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
03/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
04/02/2021	0.6096	2	1.0668	3.5	1.524	5
05/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
06/02/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
07/02/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
08/02/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
09/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
10/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
11/02/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
12/02/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
13/02/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
14/02/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
15/02/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
16/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
17/02/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
18/02/2021	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
19/02/2021	1.8288	6	1.9812	6.5	2.1336	7
20/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/02/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
22/02/2021	2.1336	7	2.1336	7	2.1336	7

23/02/2021	2.1336	7	2.4384	8	2.7432	9
24/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
25/02/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
26/02/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
27/02/2021	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
28/02/2021	2.1336	7	2.286	7.5	2.4384	8
01/03/2021	2.1336	7	2.4384	8	2.7432	9
02/03/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
03/03/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
04/03/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
05/03/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
06/03/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
07/03/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
08/03/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
09/03/2021	1.524	5	1.9812	6.5	2.4384	8
10/03/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
11/03/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
12/03/2021	1.8288	6	2.4384	8	3.048	10
13/03/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
14/03/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
15/03/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
16/03/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
17/03/2021	1.524	5	1.9812	6.5	2.4384	8
18/03/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
19/03/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
20/03/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
21/03/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
22/03/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
23/03/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
24/03/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/03/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
26/03/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
27/03/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
28/03/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
29/03/2021	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
30/03/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
31/03/2021	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
01/04/2021	1.2192	4	1.6764	5.5	2.1336	7
02/04/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
03/04/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
04/04/2021	2.4384	8	2.5908	8.5	2.7432	9
05/04/2021	2.4384	8	2.5908	8.5	2.7432	9
06/04/2021	1.8288	6	2.1336	7	2.4384	8
07/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
10/04/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4

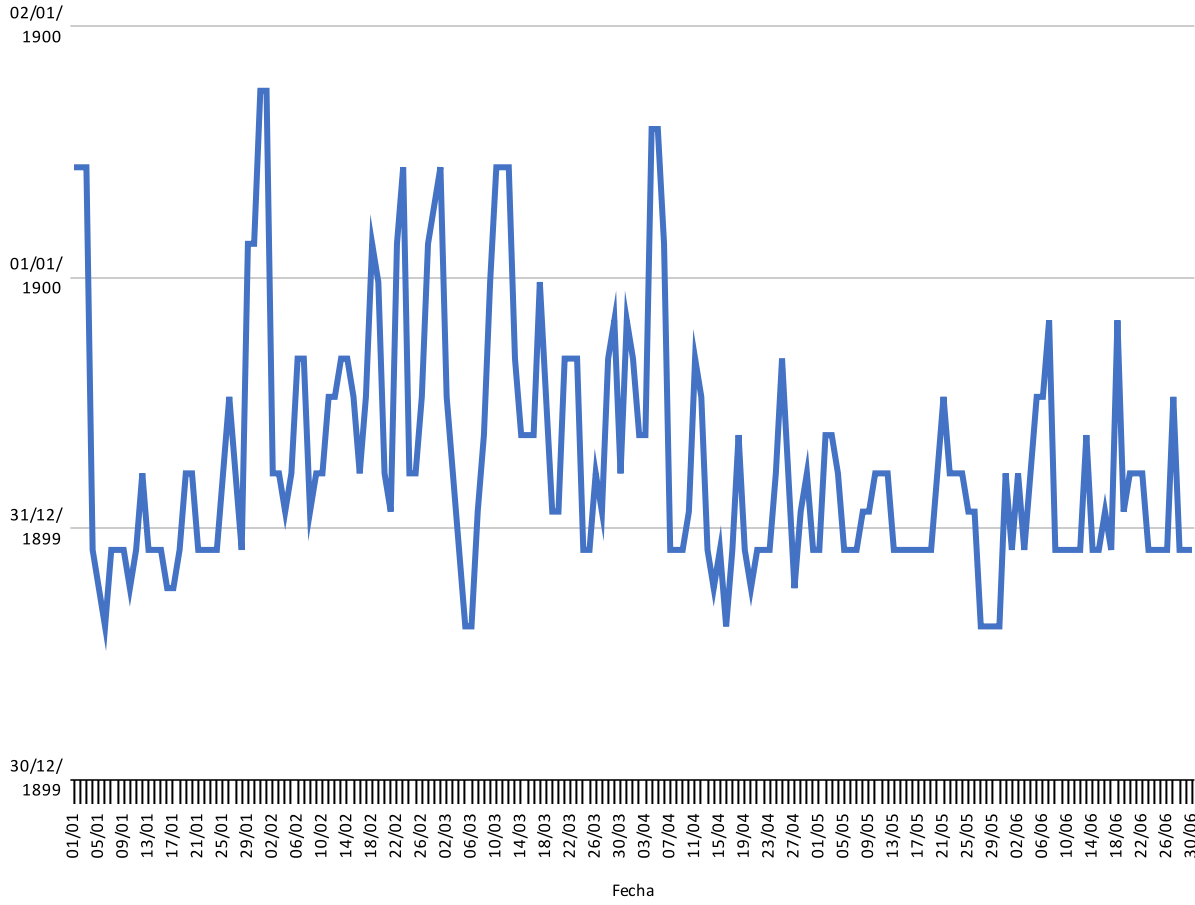
11/04/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
12/04/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
13/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/04/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
15/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/04/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
17/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/04/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
19/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
20/04/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
21/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
22/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
23/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/04/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
25/04/2021	1.524	5	1.6764	5.5	1.8288	6
26/04/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
27/04/2021	0.6096	2	0.762	2.5	0.9144	3
28/04/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
29/04/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
30/04/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
01/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/05/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
03/05/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
04/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
06/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
07/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
08/05/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
09/05/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
10/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
11/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
12/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
13/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
14/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
17/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
19/05/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
20/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/05/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
22/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
23/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
24/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
25/05/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
26/05/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
27/05/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3

28/05/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
29/05/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
30/05/2021	0.3048	1	0.6096	2	0.9144	3
31/05/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
01/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
02/06/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
03/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
04/06/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
05/06/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
06/06/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
07/06/2021	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
08/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
09/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
10/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
11/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
12/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
13/06/2021	1.2192	4	1.3716	4.5	1.524	5
14/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
15/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
16/06/2021	0.6096	2	1.0668	3.5	1.524	5
17/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
18/06/2021	1.524	5	1.8288	6	2.1336	7
19/06/2021	0.9144	3	1.0668	3.5	1.2192	4
20/06/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
21/06/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
22/06/2021	0.9144	3	1.2192	4	1.524	5
23/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
24/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
25/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
26/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
27/06/2021	1.2192	4	1.524	5	1.8288	6
28/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
29/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4
30/06/2021	0.6096	2	0.9144	3	1.2192	4

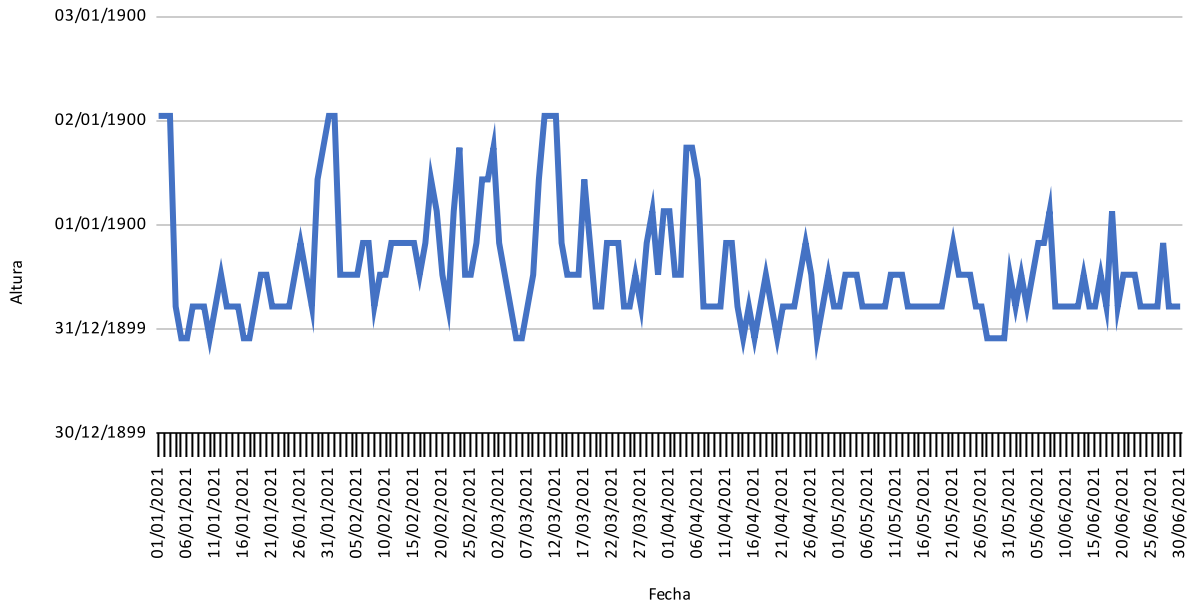
Oleaje minimo	Oleaje Promedio	Oleaje maximo
0.99	1.26	1.53



Grafica Altura Olas Promedio



Grafica Altura Olas Maximos



ANEXO 3. OTROS DOCUMENTOS



OPT PB150 POWERBUOY®

Utility Power from Ocean Waves

Ocean-tested, grid-compliant renewable power

- * 100% clean, carbon-free electric generation
- * No fuel needed
- * Demonstrated reliability through hurricanes and tsunamis

The PB150 PowerBuoy, developed and manufactured by Ocean Power Technologies, Inc. (OPT), is a utility-scale clean energy device peak-rated at 150 kilowatts. The PB150 is modular, and can be configured in arrays of 50-100 MW or more, using OPT's proprietary Undersea Substation Pod (USP) to combine the power from multiple buoys.

The PowerBuoy array, or wave power station, produces grid-compliant, renewable, carbon-free electricity close to coastal population centers. The ability to predict wave energy up to 72 hours in advance allows utilities to integrate OPT wave energy with their existing fossil and renewable resource portfolios.

The PB150 has been tested in the harsh environment of the North Sea, producing power of over 45 kW in wave heights as low as two meters. The core technology in the PB150 was ocean-tested for over a year in Hawaii, including the first-ever grid connection of a wave energy device in North America. The PB150 structure and 3-point mooring system have been certified by Lloyd's Register, and PowerBuoys have been insured by Lloyd's syndicates for over 13 years.

OPT's PowerBuoy technology is environmentally benign, having received the highest environmental rating of a Finding of No Significant Impact ("FONSI") in Hawaii and a similar preliminary finding in Oregon.

BENEFITS FOR UTILITIES

- Power generated close to load centers minimizes transmission investments
- Predictable power
- 95% availability
- Environmentally benign
- Low visual impact

PB150 FEATURES

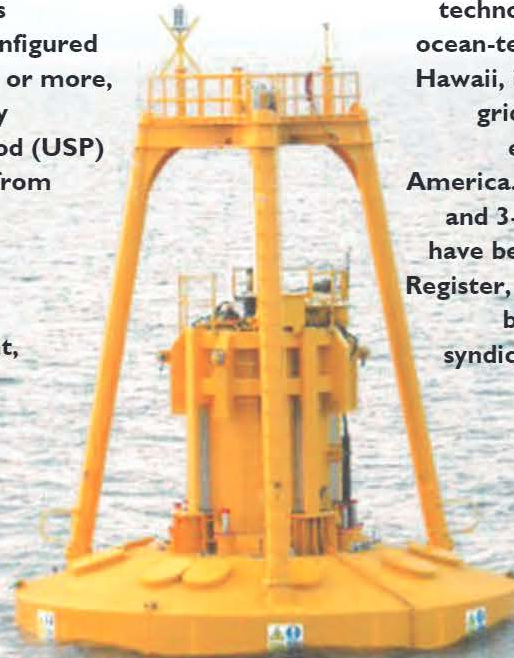
- Capacity factors as high as 45%, depending on location
- 25-year design life
- Modular system design
- Low O&M costs

CLEAN, RENEWABLE ENERGY SOURCE

- 100% powered by ocean waves, with zero carbon emissions
- Helps meet Renewable Portfolio Standards

DELIVERS POWER IN WIDE RANGE OF WAVE CLIMATES AND WATER DEPTHS

- Can be deployed at any depth above 180 feet
- Produces power in waves as low as three feet
- Successfully demonstrated in Atlantic and Pacific Oceans



The majority of the PB150 structure is hidden from view underwater—its height above the waterline is only 30 feet. When deployed at a typical site 2½ to 3 miles out to sea, "The size of the PowerBuoys when viewed from shore would be [equivalent to] approximately 1.6 millimeters when viewed from arm's length." – US Dept. of Energy

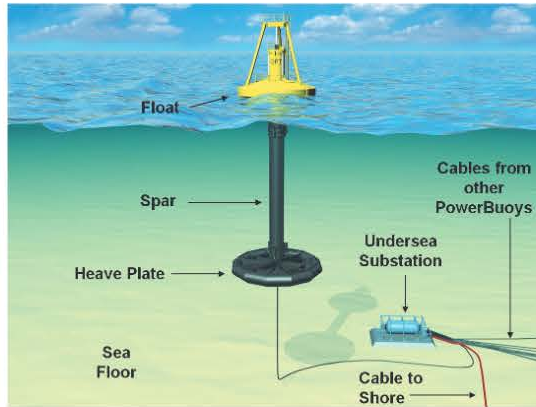
OPT PB150 POWERBUOY®

Utility Power from Ocean Waves



Deployment Using Standard Coastal Vessels

Predictable, Renewable Wave Energy



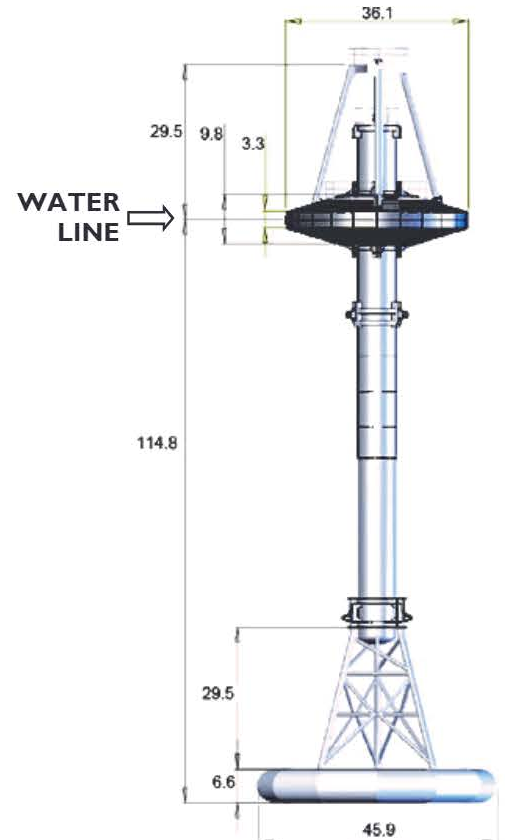
PB150 PowerBuoy System
(moorings not shown)

A PB150 wave park consists of the PowerBuoys, a USP, and the transmission cable to shore. Up to ten (10) PB150 PowerBuoys can be connected to each USP. The PowerBuoy creates electricity from the vertical motion of the float relative to the stationary spar. This motion drives a mechanical system coupled to generators and produces AC electricity. The electricity is rectified and inverted into grid-compliant AC, which has been certified to international interconnection standards.

PB150 Specifications

Peak Rating	150 kW
Capacity factor (range)	30%-45%
Overall Length	144 ft.
Height above waterline	29.5 ft.
Float diameter	36.1 ft.
Weight	150 tons
Design life	25 years
Output Voltage & Frequency	600 V at 60 Hz 575 V at 50 Hz
Power Factor:	± 0.9
Mooring	Three-point
Deployment	Tow-out with standard tug
Wave height (range for normal operation)	1 to 6 meters
Water depth (min)	55 meters

PB150 Drawing (Dimensions in Feet)
(exclusive of moorings)



© 2012 Ocean Power Technologies,

For more information contact:

In the United Kingdom and European Union:

Tim Stiven, Director
Ocean Power Technologies, Ltd.
Warwick Innovation Centre
Gallows Hill, Warwick CV34 6UW
United Kingdom
Tel: +44 (0) 1926 623370
Email:
PBI50Europe@oceanpowertech.com

In North America:

Bob Lurie, Vice President
Ocean Power Technologies, Inc.
1590 Reed Rd., Pennington, NJ,
USA 08534
Tel: (609) 730-0400
Email:
PBI50NA@oceanpowertech.com

In Australasia:

Ocean Power Technologies
(Australasia) Pty. Ltd.
PO Box 7511 Cloisters Square
Perth 6850, Western Australia
Tel: +61 (0) 416 187 462
Email:
PBI50Australasia@oceanpowertech.com

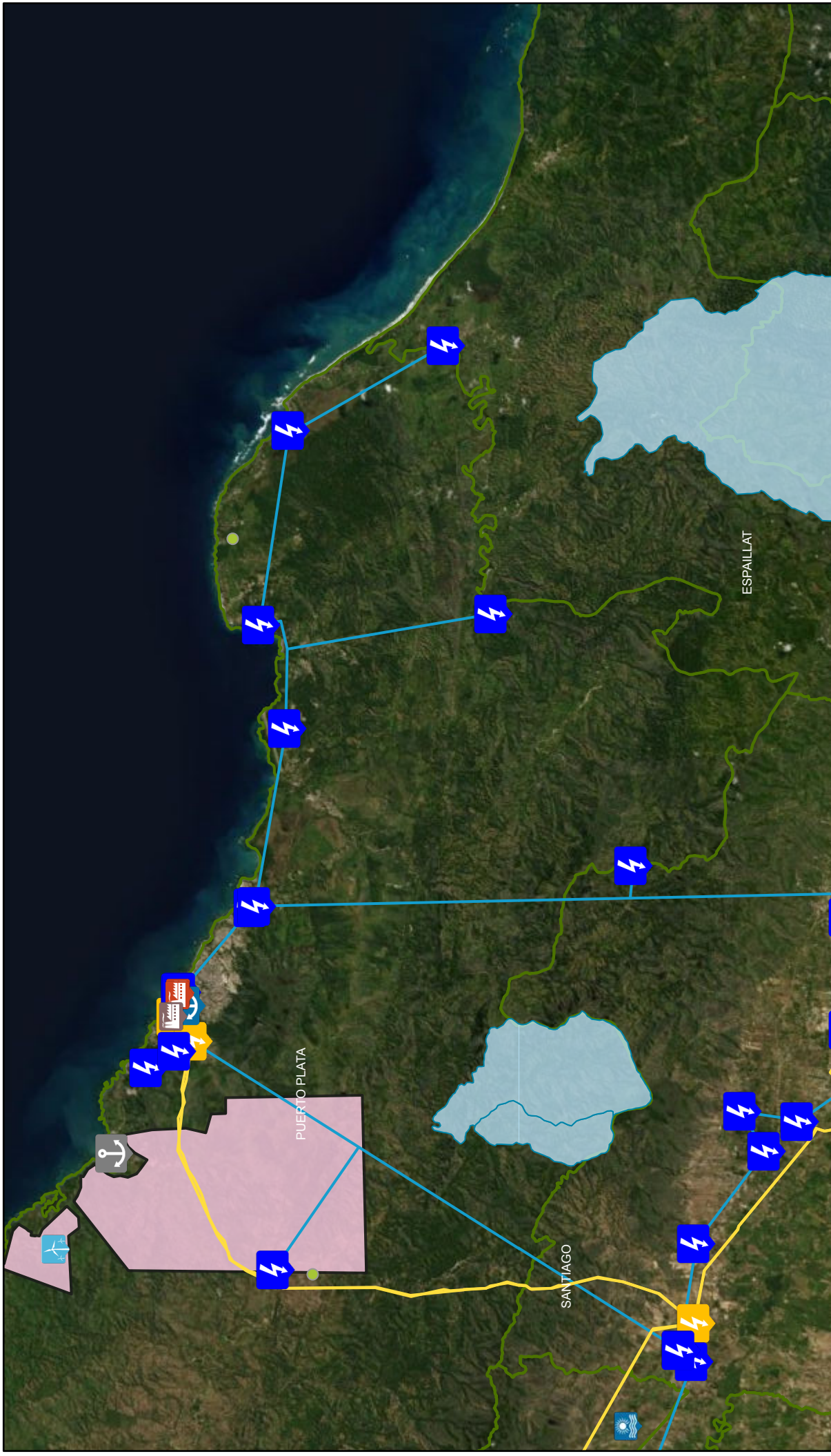


PB150 at dockside awaiting deployment in Scotland




OPT

OCEAN POWER TECHNOLOGIES

Sistema de Información Geográfica












8/24/2021, 3:13:17 PM

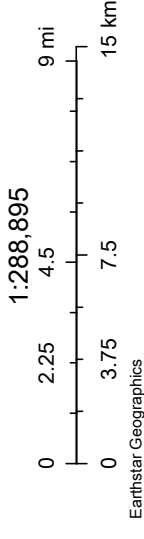
-  Generadoras Actuales SENI
-  Motores de Combustión Interna
-  Hidroeléctrica Pasada
-  Eólica

-  Ciclo Combinado
-  Puertos
-  Puerto del Estado

-  Puerto Privado
-  Subestaciones (Actuales)
-  Subestaciones (Actuales)
-  Puerto del Estado

-  138 kV
-  69 kV
-  138 kV
-  69 kV

-  Micro Hidroeléctricas
-  Definitiva Térmica
-  Concesiones Definitivas ER
-  Definitiva Eólica
-  Divisiones Geográficas - Provincias



Ing. Cesar Mauricio Torres
(Jurado)

Ing. Teresa Beatriz Rodriguez
(Jurado)

Ing. Amelia María Pérez
(Jurado)

Ing. Cesar Mercedes
(Asesor)

Ing. José Adolfo Herrera
(Director de la Escuela de Ingeniería Civil)