

Estudio y Evaluación de las Tecnologías y Lugares de Aplicación para el Aprovechamiento de Energías Oceánicas Mediante Gradiente Térmico en Santa Marta, Colombia.

Autores: Vanessa De Jesús Mondragón Miranda 23551911594

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Universidad Antonio Nariño

Santa Marta

Vmondragon17@uan.edu.co

Director

Maira Gasca Mantilla

magasca@uan.edu.co

RESUMEN: El océano es una importante fuente de energía para la tierra y, en el campo de la electricidad, la energía oceánica tiene un papel importante en la transición energética. Sin embargo, cuando se desea aprovechar esta fuente de energía, se debe considerar una serie de factores, como qué fuente de energía usar y qué tecnología es económicamente viable. El propósito de este trabajo es recopilar información de estudios que analizan el potencial energético de los océanos de Santa Marta y comprender si hay suficientes sitios disponibles para usar energía de gradiente térmico. En Santa Marta en el estudio [1] investigadores analizaron la plataforma continental. Se seleccionaron 5 perfiles a investigar y las bahías seleccionadas fueron: Taganga, Santa Marta y Gaira. En este estudio, se encontró que la bahía tenía una profundidad moderada de unos 150 metros frente a la costa. Los sitios escogidos muestran que, en la plataforma continental, debido a la Sierra Nevada de Santa Marta, que presenta una topografía que se origina en sus estribaciones, los rasgos de baja pendiente y uniformidad sólo se presentan en ciertas zonas del perfil seleccionado, esta información. A través del análisis de estos estudios se pretende concluir si existen condiciones físicas y disponibilidad de

recursos para aprovechar la energía de gradiente térmico en Santa Marta.

PALABRAS CLAVE: *energía del océano, aprovechamiento energético, gradiente térmico.*

ABSTRAC: *The ocean is an important source of energy for the earth, and in the field of electricity, ocean energy plays an important role in the energy transition. However, when you want to take advantage of this energy source, you have to consider a number of factors, such as what energy source to use and what technology is economically viable. The purpose of this work is to collect information from studies that analyze the energy potential of the oceans of Santa Marta and understand if there are enough sites available to use thermal gradient energy. In Santa Marta in the study [1] researchers analyzed the continental shelf. Five profiles were selected to investigate and the selected bays were: Taganga, Santa Marta and Gaira. In this study, the bay was found to have a moderate depth of about 150 meters off the coast. The chosen sites show that, on the continental shelf, due to the Sierra Nevada de Santa Marta, which has a topography that originates in its foothills, the features of low slope and uniformity are only present in certain areas of the selected profile, this information. Through the analysis of these studies, it is intended to conclude if there are physical conditions and availability of resources to take advantage of the thermal gradient energy in Santa Marta.*

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los océanos son una fuente vital de energía para el planeta, lo que los convierte en un tema permanente de estudio. En el sector eléctrico, la energía oceánica puede desempeñar un papel significativo en la transición energética. Las principales formas de energía oceánica utilizadas para la generación de energía son las olas, las mareas, las corrientes, los gradientes de salinidad y el calor [1]. Sin embargo, cuando se quiere aprovechar esta energía hay que tener en cuenta una serie de factores, como qué tipo de energía se utiliza y qué tecnología es económicamente viable. El propósito de este trabajo es recopilar información de estudios que analizan el potencial de energía oceánica de Santa Marta y usar esta información para comprender si hay suficientes sitios disponibles para la energía de gradiente térmico.

La energía del mar es almacenada por la naturaleza en las mareas, olas, gradiente térmico y de salinidad [2]. La energía de gradiente térmico (OTEC) se basa en la diferencia de temperatura entre la superficie del océano y la masa de agua profunda. Para utilizar este tipo de energía, es importante recalcar que debe haber una diferencia de temperatura de al menos 20° entre los cuerpos de agua C. Los sitios con mayor potencial para este tipo de energía son los ubicados en los trópicos [3]. Entonces será posible que Colombia aproveche esta diferencia térmica y genere electricidad. Las tecnologías que pueden utilizar diferencias de temperatura son los sistemas de ciclo cerrado, los sistemas de ciclo Kalina, los sistemas de ciclo abierto y los sistemas híbridos, que se explicarán con más detalle en el marco teórico. Actualmente las plantas OTEC que están en funcionamiento son la isla Kumejima en Okinawa, Japón, Universidad de Saga, Japón, Goseong, Corea del Sur, Isla La Reunión, Francia, Isla de Hawaii, Estados Unidos [3].

Colombia al tener amplias costas, con una extensión de aproximadamente 29.000 kilómetros, podría aprovechar las energías del océano para generar electricidad y reducir la dependencia de las plantas hidroeléctricas (70 %) y térmicas (30 %). Sin embargo, todavía no hay un progreso real

significativo en la exploración científica nacional y el desarrollo de esta energía para la generación de electricidad. Aunque el 70% de la energía del país proviene de la energía hidroeléctrica, que se considera una de las fuentes de energía menos contaminantes entre las fuentes de energía tradicionales, todavía hay partes de la región sin electricidad.

Para generar energía de gradiente de temperatura se necesita que haya una diferencia de temperatura de 20 grados entre el agua de la superficie y el agua que tiene 1 kilómetro de profundidad y está cerca de la costa. En algunas regiones de Colombia se tienen las condiciones como en Santa Marta, el Tayrona y San Andrés donde no hay plataforma continental [4]

En Santa Marta, el estudio [5] investigadores realizará un análisis de la plataforma continental. Ellos escogieron para investigar 5 perfiles, las bahías seleccionadas son: Taganga, Santa Marta y Gaira. En este estudio, se encontró que la bahía tenía una profundidad moderada de unos 150 metros frente a la costa. Estos perfiles muestran que la plataforma continental presenta una topografía que se origina en sus estribaciones debido a la Sierra Nevada de Santa Marta, por lo tanto, las características de baja pendiente y uniformidad solo se presentan en ciertas áreas de los perfiles seleccionados, esta información se presentará en con más detalle en el marco teórico. Con el análisis de esos estudios se pretende concluir si en Santa Marta existen las condiciones físicas y la disponibilidad de recurso para aprovechar las energías del gradiente térmico.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El planeta tierra tiene más del 70 % de su superficie que está cubierta por el agua de los océanos y los mares. La energía marina es una gigantesca reserva que no se ha utilizado y que tiene un potencial inagotable. Este tipo de energía es interminable y se ha extendido principalmente por Europa y Norteamérica.

En Colombia se encuentra bañada por dos océanos, la cual no hay una investigación por parte del gobierno, empresas privada y a nivel universitario para poder satisfacer el problema de las hidroeléctricas cuando los ríos se deshidrata

debido al calentamiento global, afectando en gran parte el suministro de la energía eléctrica al mismo tiempo presenta pérdida de la biodiversidad e impacto ambiental en las comunidades indígenas, además en Santa Marta a pesar que llega el mar caribe que se caracteriza por sus excelentes recursos naturales marinos no se aplica ninguna de las energías marinas y el aprovechamiento de la desembocadura de los ríos para la transformación de la energía.

En Santa Marta se vende muy costoso el kWh de electricidad a la población, hoteles y en las industrias, presenta mucha ausencia del fluido eléctrico en horas laborales y de estudios, se presenta mucho mantenimiento que deja sin energía por largo tiempo.

La participación de las energías renovables en la matriz energética global ha crecido, incrementándose en alrededor de un 10% de 2010 a 2020 [6]. Además, las preocupaciones sobre el calentamiento global antropogénico han impulsado la búsqueda de fuentes de energía renovables distintas de los combustibles fósiles. Como los combustibles fósiles se utilizan para quemar y generar energía, se liberan grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera. Los contaminantes están causando el calentamiento global y el cambio climático. No solo contribuye al aumento de las temperaturas globales, sino también a una variedad de enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Las grandes ciudades están llenas de gases nocivos, provocando cada vez más enfermedades en la población. La contaminación del aire es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la humanidad en este siglo.

También debe recordarse que los precios varían de vez en cuando dependiendo de los combustibles fósiles. Son estos precios los que cambian a diario, y hay fluctuaciones que pueden afectar significativamente los costos de energía. Por lo tanto, el gobierno ha promulgado leyes y ha desarrollado programas para fomentar el uso de energías renovables [7]. En Colombia, en 2014, el Congreso promulgó la Ley 1715 para promover el uso de fuentes de energías alternativas, incluida la energía oceánica, para generar electricidad.

La mayor participación de las renovables y el impulso a su uso por parte de las políticas energéticas hacen que sea crucial realizar

investigaciones para integrar las renovables a la matriz energética, estos estudios van desde el conocimiento del comportamiento energético, hasta un mayor enfoque en la integración de estas fuentes en la electricidad Investigación técnica sistemática. En este trabajo se recopilará información de los estudios enfocados en analizar el potencial energético de las energías del océano que aprovechan el gradiente térmico, con el fin de incrementar el conocimiento en este aspecto cada vez más relevante en la formación de las carreras técnicas, tecnológicas y profesionales relacionadas con la electricidad.

Colombia en cuanto a recursos autosuficientes como luz solar, viento y mar; Se proyecta como un país con gran potencial para la producción de energía eléctrica a partir de estos recursos, lo que, dado su enorme potencial, permitirá reducir significativamente las miles de toneladas de residuos no renovables y contaminantes que se producen cada día en las grandes ciudades y en particular en el distrito de Santa Marta, que gracias a la Bahía que la rodea, ofrece para la creación de energías renovables [8]. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo principal del proyecto es incrementar la posibilidad de desarrollar fuentes de energía de gradiente térmico para abastecer de energía a los samarios de manera estable, renovable y confiable, como ocurre actualmente por los problemas energéticos y el deterioro de los servicios. de la empresa "Aire" que anteriormente era "ELECTRICARIBE", la empresa encargada de abastecer de energía al norte de Colombia, pero crónicamente incapaz de suplir las necesidades de los samarios.

A. *Formulación Del Problema*

Esto conlleva a formular la siguiente pregunta ¿Cómo se podría aprovechar un recurso tan grande como el mar para la generación de energía? la respuesta a esta pregunta se encuentra en el título de este proyecto que es realizar un estudio y evaluación de las tecnologías y lugares de posible aplicación para el aprovechamiento de energías oceánicas mediante gradiente térmico en Santa Marta para brindar una solución a la problemática que presenta esta región y que en un futuro se pueda implementar.

III. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de fuentes de energía renovable para la generación de electricidad es un tema cada vez más relevante en la formación de las carreras técnicas relacionadas con la electricidad. En este sentido, este trabajo persigue dos objetivos, el primero de los cuales es comprender los hallazgos del análisis del potencial energético del gradiente térmico realizado en Santa Marta. Con la recopilación de la información existente, se busca incentivar el uso de estas fuentes de energía para generar electricidad en Santa Marta y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico de la ciudad.

La generación local mejorará el problema de congestión de la red de transmisión y puede crear un sistema de gestión de recursos que tenga en cuenta la especificidad local [9]. En este sentido, la generación de electricidad aprovechando los recursos disponibles localmente podría contribuir a mejorar la autarquía energética, ya que actualmente en la región Caribe la demanda de electricidad es mayor que la oferta. Además, el nivel de satisfacción de los usuarios finales con la prestación del servicio es de 68 % [10] El segundo objetivo es proporcionar información académica que demuestre tecnologías para aprovechar ambos tipos de energía oceánica. Con el cumplimiento de esos dos objetivos se espera facilitar el estudio de estos dos tipos de aprovechamiento energético para los interesados en estos temas, e incentivar el aprovechamiento de estas dos fuentes energéticas que podrían ser una opción para solucionar los problemas de suministro eléctrico de la ciudad de Santa Marta. Este proyecto se caracteriza por tener una metodología exploratoria, ya que la energía de gradiente térmico es un tema poco conocido y está en investigaciones y mejorando el desarrollo de este tipo de energía renovable. Del mismo modo, en el sentido teórico se encuentran conceptos no muy conocidos que describen este tipo de energía, lo cual hace que se necesite de una mayor investigación para así comprender de mejor manera de que trata el gradiente térmico. Además, se busca que el documento final sea una guía para cursos relacionados con fuentes de energía renovable en la Universidad Antonio Nariño

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Evaluar de las tecnologías y lugares de aplicación para el aprovechamiento de energías oceánicas mediante gradiente térmico en Santa Marta, Colombia

B. Objetivos Específicos

- Estudiar el principio de aprovechamiento de la energía de gradiente térmico.
- Describir las generalidades de las tecnologías para el aprovechamiento de gradiente térmico.
- Consultar los estudios realizados en la ciudad de Santa Marta acerca de cómo se podrían implementar las energías de gradiente térmico.
- Evaluar los sitios de posible aplicación para el aprovechamiento de gradiente térmico en Santa Marta, Colombia
- Determinar con base en la recopilación y análisis de la información si es posible aprovechar energía oceánica de gradiente térmico en los sitios de posible aplicación en Santa Marta.

V. ALCANCE Y LIMITACIONES

Los alcances esperados para este proyecto son: Documentos que contiene la información recopilada de la investigación que analiza el potencial de gradiente térmico para la generación de energía en Santa Marta.

Brindar información para cursos relacionados con energías renovables no convencionales en la Universidad Antonio Nariño.

Presentar un documento base para futuras investigaciones sobre este tema a la Universidad Antonio Nariño, Campus Santa Marta.

Las limitaciones que este proyecto tiene son: presupuesto para hacer los estudios e investigaciones que hay que realizar al momento de dirigirse al mar hacer las respectivas mediciones para obtener la profundidad y la temperatura adecuada para la implementación de la energía de gradiente térmico en Santa Marta. Este proyecto solo se trata de una recopilación de información e investigaciones realizadas en la ciudad antes mencionada para futuros estudios de personas interesadas en el tema.

VI. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA

Este proyecto se encuentra enmarcado en la línea de energía del grupo de investigación de *Research in Energy and Materials* de la FIMEB.

VII. MARCO TEORICO

A. **ENERGIAS RENOVABLES**

Mirar a la Tierra como un ser vivo, no como una simple roca, y darse cuenta de que es un paso evolutivo. Ahora el siguiente paso es reemplazar las energías contaminantes por las llamadas energías renovables. Está claro que, si no hace esto, nuestro desarrollo será insostenible. El mito del que se depende de derivados del petróleo e ir sustituyendo los gases contaminantes producido por el mismo; la radiactividad en centrales nucleares, con su riesgo inmediato y sus remanentes, es casi eterno; este dióxido de carbono y lluvia ácida de centrales térmicas; Por otra forma de producir un ambiente más limpio, silencioso e inagotable, ayudando a progresar de una forma más racional. [1]

A. **Energía Solar Fotovoltaica**

Esta tecnología se basa en la aplicación práctica del llamado efecto fotovoltaico, de ahí el nombre. Este efecto físico se produce cuando la radiación óptica incide sobre determinados materiales semiconductores, creando un flujo de electrones en ellos de tal forma que, en las circunstancias adecuadas, existe un voltaje utilizable para generar electricidad. Las células solares fotovoltaicas artificiales que generan esta energía se derivan principalmente del silicio monocristalino o policristalino. Las plantas de electrificación fotovoltaica actuales suelen ser modulares, por lo que permiten su ampliación para atender las futuras demandas que puedan surgir, tanto si los propios usuarios consumen electricidad como si la inyectan a la red. [2]



Figura 1 Instalación fotovoltaica [2]

B. **Energía Solar Térmica**

Su principal funcionamiento se centra en utilizar la energía procedente de la radiación solar para calentar fluidos (agua con anticongelante) y luego transportarlos para su almacenamiento o consumo directo tras el intercambio de calor. Esta forma de uso de la energía solar es activa, es decir, no sólo recibe pasivamente el calor solar, sino que a través de mecanismos de transferencia de calor y un conjunto de dispositivos fabricados por el hombre que captan el calor solar y lo trasladan a donde se utiliza (generación de agua caliente sanitaria, calefacción de apoyo, climatización de piscinas, Proceso industrial) [2]



Figura 2 Instalación térmica [2]

C. **Energía Solar Termoelectrica**

Es conocida como energía solar térmica, su física y trabajo se centran en concentrar la radiación solar en el punto focal de un receptor a través del cual se transporta un fluido caloportador. Este fluido (principalmente aire, aceite sintético, vapor de agua o sales fundidas) es sometido a muy altas elevaciones de temperatura (desde 400°C hasta 2000°C) para posteriormente describir el ciclo termodinámico utilizado para generar energía. Electricidad, generalmente inyectada al sistema nacional de transmisión y distribución. Las tecnologías que se están desarrollando actualmente incluyen discos parabólicos, colectores cilíndricos, lentes de Fresnel lineales y arreglos de torres de helióstatos. En muchos casos, los ciclos termodinámicos coinciden con los de las plantas convencionales de combustibles fósiles (ciclos de Stirling, Rankin y Brayton, respectivamente). [2]



Figura 3 Instalación termosolar [2]

D. Energía Eólica

La energía eólica se centra en aprovechar la energía cinética del aire a través de aerogeneradores. No son más que máquinas rotativas de varios tamaños en las que un elemento de capacidad energética (el rotor) está conectado con unas palas para hacer girar todo alrededor de un eje (que puede ser vertical u horizontal). También incluyen un sistema que convierte la energía mecánica en energía eléctrica a través de un conjunto de engranajes (multiplicadores) y generadores. Además, para mantener la sobriedad y consistencia de todo el dispositivo, consta de una cápsula que alberga todos los mecanismos anteriores, así como un sistema de ajuste y una torre de apoyo. Los aerogeneradores de baja potencia se suelen instalar de forma individual en viviendas unifamiliares, los

de alta potencia se concentran en parques eólicos, generando energía eólica que se inyecta a la red.



Figura 4 Aerogeneradores Eólicos [2]

E. Energía Hidroeléctrica

Es el resultado de la conversión de energía cinética (dependiendo de su velocidad) o energía potencial (dependiendo del desnivel) de las corrientes de los ríos en energía eléctrica para turbinas y generadores hidráulicos. Su versatilidad es tal que no solo se pueden aprovechar grandes corrientes o saltos de agua, sino también pequeñas corrientes y baches. Por todo ello es la energía renovable más antigua en cuanto a energía producida, aunque la energía hidráulica es básicamente otra forma de energía solar. De hecho, el sol activa el ciclo del agua al evaporar el agua de los ríos, lagos y océanos en elevaciones más bajas. Como se puede observar, es la forma más pura de energía renovable, puede generar energía sin generar residuos, es relativamente fácil de controlar y su eficiencia de conversión es muy alta (80%). [2]



Figura 5 Energía Hidroeléctrica [3]

Las energías renovables son una fuente de energía alternativa para mitigar el cambio en el clima provocado por el efecto invernadero. El efecto invernadero significa que, debido a la presencia en la atmósfera de determinadas por fragmentos procedentes de la combustión de combustibles fósiles, las ondas largas (ondas de calor) del espectro electromagnético no abandonan la Tierra, aumentando así las temperaturas. la industria energética representa casi el 80 % de las emisiones provocadas por el hombre %. Dentro de este sector energético, el sector eléctrico representa el 20% del consumo final de energía, sin embargo, representa el 40% de las emisiones del sector energético [4]. En 2018, la alta demanda de energía resultó en un aumento del 1,7% en las emisiones de CO₂ asociadas a la industria en comparación con 2017, con emisiones históricas de 33,1 toneladas brutas de CO₂. La industria eléctrica fue responsable de dos tercios del crecimiento de las emisiones debido al uso de carbón, principalmente en Asia, que emitió 10 GT de CO₂ [5].

F. Energía de la Biomasa

En rigor, la biomasa se define como un conjunto de materia orgánica vegetal que puede ser utilizada con fines energéticos mediante un proceso de combustión. Antes del comienzo de la Revolución Industrial, la biomasa ha sido una fuente de energía para satisfacer las necesidades de calor e iluminación de los residentes en la vida diaria y en las primeras aplicaciones industriales. Hoy en día, parece volver a tener un papel relevante como diversas formas de energía: biomasa sólida (pellets, briquetas, huesos de aceituna, restos de poda de plantas...); biomasa líquida (biodiésel y bioetanol, en sustitución del gasóleo y la gasolina respectivamente); y biomasa gaseosa (biogás procedente de la biometanización de residuos) [2]



Figura 6 Pellets de biomasa [2]

G. Energía Geotérmica

Implica capturar el calor que existe debajo de la superficie de la Tierra mediante la perforación de acuíferos o empujando agua fría entre rocas calientes o secas hasta que haya agua caliente o incluso vapor disponible. El vapor se dirige a la superficie para su posterior uso en aplicaciones industriales o para generar electricidad a través de un conjunto turbina-generador. En rigor, este calor interno no es el resultado de la radiación solar, sino de la radiación química natural que se produce en el núcleo de la Tierra. Por lo tanto, esta fuente de energía no depende del clima ni de los cambios estacionales. La energía geotérmica produce tanta energía que en ocasiones se manifiesta de forma natural y violenta durante fenómenos como la actividad volcánica o los terremotos. [2]



Figura 7 Instalación geotérmica [2]

H. Efectos del cambio Climático

La mitigación y la adaptación al cambio climático son los principales desafíos del siglo XXI. En el centro de estos desafíos está el tema de la energía. Más específicamente, el consumo mundial de energía y la dependencia de los combustibles fósiles. Para frenar el calentamiento global, el mundo necesita utilizar la energía de manera eficiente y cambiar a energías limpia para el transporte, la calefacción o la refrigeración. [6]

La búsqueda de soluciones para mitigar los efectos del cambio climático ha llevado a los

organismos internacionales a impulsar la transición energética.

La razón de este cambio es que muchas actividades humanas en todo el mundo emiten gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera, especialmente la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, la calefacción y el transporte.

Dicha combustión también emite contaminantes del aire que dañan el medio ambiente y la salud humana [6]



Figura 8 [7]

Desde entonces, algunos gobiernos han implementado programas para promover el uso de energía que tenga un menor impacto ambiental. En Colombia, el gobierno ha facilitado esta transición energética a través de normas que brindan incentivos fiscales y delineó planes para centrarse en la eficiencia energética y, en algunos casos, la introducción de energía renovable en el sector eléctrico. La energía disponible para Colombia incluye energía del océano.

I. Fuentes Energéticas Provenientes del Océano

La necesidad de modelos energéticos más sostenibles ha contribuido a que la contribución de las energías renovables a los modelos energéticos de los países desarrollados se haya incrementado paulatinamente en los últimos años. Este interés en el uso de diferentes fuentes de energía renovable ha estimulado el interés por la investigación en fuentes de energía renovables relacionadas con el mar.

J. Energía de las Mareas o Mareomotriz

Es la energía asociada con el movimiento del material oceánico causado por las mareas. Para aprovecharlo se construyeron presas dotadas de turbinas en la parte baja de la ría. El embalse creado por la construcción del dique se llena y se vacía con cada amplia mar y baja mar, el paso del agua en cada llenado y vaciado permite accionar las turbinas que con su movimiento genera electricidad.

Este tipo de instalaciones mareomotrices se realizan en lugares como bahías o estuarios, donde la diferencia de altura entre la mar ancha y la baja debe ser de al menos 5 mts, condiciones que solo se pueden cumplir en un número limitado de lugares de la Tierra.

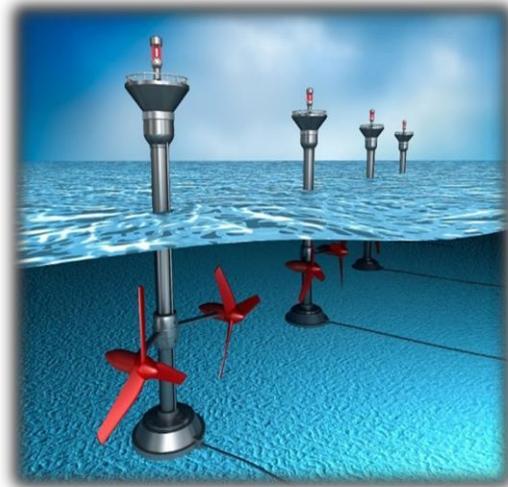


Figura 9 Energía mareomotriz [8]

K. Energía de las Corrientes Marinas

La energía de la corriente oceánica se debe al flujo de la masa de agua, y su aprovechamiento se debe a la intervención de los sistemas que adquieren el movimiento por el cual son activados por la corriente, produciendo energía eléctrica, para

aprovechar, la corriente debe alcanzar una velocidad de 1 a 3 m/s.



Figura 10 Energía de las corrientes marinas [9]

L. La Energía de las Olas

El aprovechamiento se realiza por despliegues de dispositivos en el mar encargados de captar la energía del oleaje y convertirla en energía eléctrica. La forma en la que se produce la energía de las olas es la siguiente.

1. Cuando el viento sopla a través del mar, su energía cinética se transfiere al agua debajo, creando olas.
2. Dado que el océano es una gran reserva de energía solar, las olas del océano transportan energía solar a las superficies de agua de todo el mundo.
3. Por eso, las olas del mar son una fuente de energía que puede elevarse sobre el nivel del mar
4. Para aprovechar esta energía y convertirla en electricidad se necesita un lugar con fuerte oleaje
5. Cuando las olas llegan a la orilla, esta energía se convierte en electricidad a través de un convertidor especial.
6. Esta es una planta de energía simple ya que es una habitación cerrada con una abertura en el fondo del mar que permite que las olas entren y salgan de la habitación.
7. El nivel del agua en la cámara sube y baja con el ritmo de las olas.
8. El aire entra y sale por la turbina.
9. Estas turbinas están conectadas al dispositivo de apertura en la parte superior de la cámara.

10. Las turbinas son propulsadas por la fuerza del aire que se comprime y se descomprime.
11. Ese movimiento se transmite a un generador y se almacena en forma de energía eléctrica. [10]



figura 11 Energía de las olas [11]

M. Energía de Gradiente Térmico

La energía del gradiente térmico oceánico es la energía disponible debido a la diferencia de temperatura entre las aguas de la superficie y las aguas profundas del mar. Una condición necesaria para su uso es una diferencia de temperatura de 20°C, por lo que esta energía solo puede ser utilizada en el trópico.

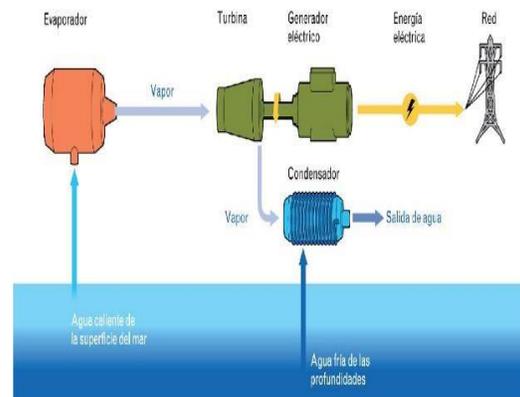


Figura 12 Energía de gradiente térmico [12]

N. Energía de Gradiente Salino

El aprovechamiento de la energía del gradiente de salinidad se basa en la diferencia de salinidad del agua de mar y del agua de río, por lo que su aprovechamiento se da en la zona del estuario de los grandes ríos, donde se pueden captar aguas de diferente salinidad para su aprovechamiento. Minado por proceso físico

Sistema de ósmosis de presión retardada (PRO)

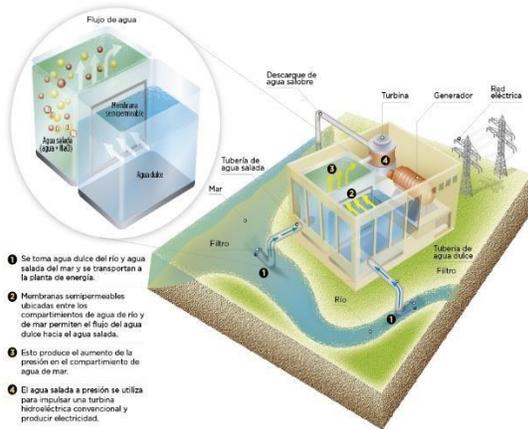


Figura 13 Energía de gradiente salino [13]

Este trabajo prestará especial atención a una de ellas, la energía térmica oceánica, y en base a las investigaciones realizadas, analizará si es posible aprovecharla en Santa Marta. Antes de analizar la investigación realizada en Santa Marta, se explicarán los principios de funcionamiento y las técnicas que permiten aprovechar los gradientes térmicos oceánicos.

Ñ. Plantas OTEC

Un sistema OTEC es un motor térmico, en principio similar a los que se utilizan en las centrales térmicas, que utiliza calor para vaporizar un líquido para alimentar un generador. En lugar de combustible, OTEC utiliza la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo para vaporizar un líquido caliente (generalmente amoníaco). [14]El sistema OTEC más simple es el circuito cerrado como se muestra en la figura 14

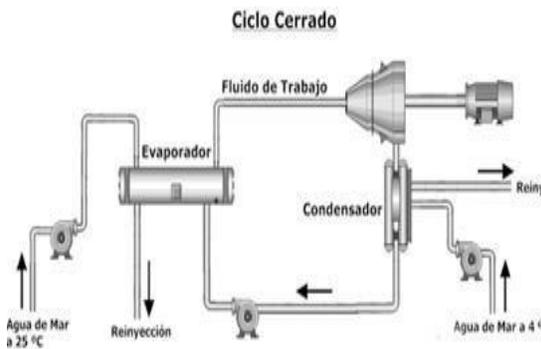


Figura 14 Ciclo Cerrado OTEC [15]

En la siguiente imagen se puede apreciar las zonas aptas para la implementación de plantas OTEC identificadas por el color rojo y naranja.

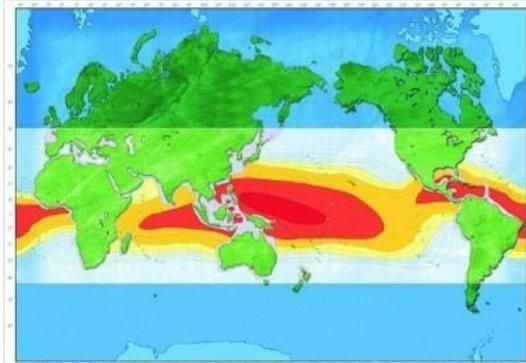


Figura 15 Zonas donde se puede implementar plantas OTC [16]

Existen otros sistemas, como el ciclo abierto, donde se evapora directamente el agua del mar y se utiliza para mover el generador, lo que hace la cogeneración de agua salada [14], como se observa en la siguiente figura.

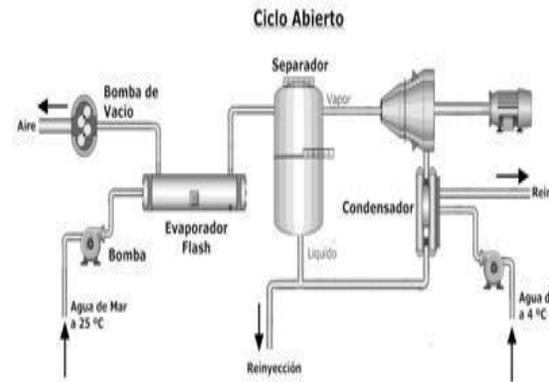


Figura 16 Ciclo abierto OTEC [15]

También existe un ciclo híbrido que combina ciclos cerrados y abiertos. Estas plantas generan electricidad y desalinizan agua, ambos beneficios se obtienen a través de un ciclo cerrado donde se flashea agua de mar tibia en el evaporador 1 y el vapor se dirige al evaporador 2 donde libera su calor latente al fluido de trabajo, el cual será enviado a la turbina. y el agua condensada obtenida en el evaporador 2 será un subproducto de la planta, este sistema de planta OTEC se ilustra en la siguiente figura. [15]

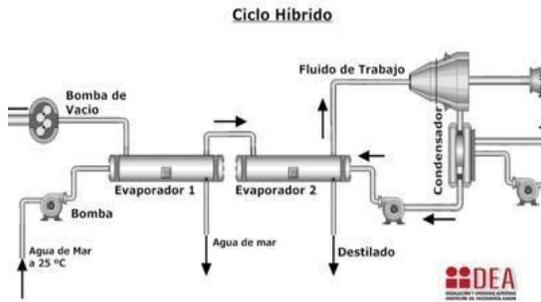


Figura 17 Ciclo híbrido [15]

En estos tres ciclos es importante y necesario obtener agua fría del mar para condensar fluidos calientes. Se encontró que las aguas heladas tenían unos 1000 metros de profundidad y la temperatura se mantenía a unos 4 °C o menos. [14]

Actualmente, solo se han construido plantas OTEC de hasta 1 MW, técnicamente es factible construir plantas de 10 MW utilizando el diseño de fabricación, las técnicas de implementación y los materiales actuales; sin embargo, no se han construido plantas con este potencial. De tal manera, es importante aprender y compartir la experiencia de las plantas de 10 MW en construcción para garantizar un despliegue continuo y acelerado [17].

Las plantas OTEC que se han construido han tenido un propósito académico y de experimentación más que de comercialización. Entre las principales plantas está la de Hawái construida en 1979 en un barco. Esta era una demostración offshore de 50 kW de ciclo cerrado, que tenía una potencia neta de 10 kW. Para esta planta se bombeó agua desde una profundidad de 670 m con una temperatura de 4,4 °C. Esta planta tuvo una operación de 600 [18].

VIII. METODOLOGÍA

A. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó el estudio el principio del aprovechamiento energético de gradiente térmico: para este paso se buscó información en la base de datos de los recursos electrónicos de la Universidad, con el fin de analizar la información que tienen un sustento científico y que se constituyen en la base teórica de este trabajo. Este paso permitirá familiarizar al lector con el principio del funcionamiento de las energías de gradiente térmico, como fuente energética para la generación de electricidad.

- Se describieron las tecnologías disponibles para el aprovechamiento del potencial de las energías del océano de gradiente térmico. En este punto se describen las tecnologías para ciclo abierto, cerrado e híbrido.
- Se realizó la consulta los estudios realizados en la ciudad de Santa Marta acerca de cómo se podría implementar la energía de gradiente térmico.
- Se evaluaron los sitios de posible aplicación para el aprovechamiento de gradiente térmico en Santa Marta, Colombia
- Se buscó de información de análisis de potencial de gradiente térmico hechos en Santa Marta.
- Se determinó con base en la recopilación y análisis de la información si es posible aprovechar energía oceánica de gradiente térmico en los sitios de posible aplicación en Santa Marta.

B. TIPO DE INVESTIGACION

Este proyecto es tipo de investigación exploratoria según [19] “es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto.”

IX. ANALISIS Y RESULTADOS

A. Estudio del principio de aprovechamiento de la energía de gradiente térmico.

Este estudio se realizó mediante investigación de documentos en bases de datos ya existentes sea adquiridos por parte de la universidad o investigación realizada en otros medios electrónicos.

Ocean Thermal Gradient (OTEC) se basa en aprovechar la diferencia de temperatura entre la superficie del océano y las aguas profundas para generar vapor a baja presión e impulsar turbinas para generar electricidad. Esta diferencia de temperatura debe ser de al menos 20°C para ser utilizada para generar electricidad [3] [4]. Este

requerimiento de diferencia de temperatura pone en ventaja al trópico y al trópico, y en ese sentido Santa Marta, sitio de este proyecto, puede cumplir con los requisitos necesarios para aprovechar la diferencia de temperatura de las masas para generar electricidad. Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de implementar estas plantas es que consumen del 20 al 30 por ciento de la electricidad que se utiliza para bombear agua desde las profundidades del océano hasta la superficie [5].

La energía térmica oceánica aún se encuentra en etapa de desarrollo; a pesar de ello, el potencial es grande porque el océano es un gran colector de energía solar que puede usarse para producir electricidad. Una de las importantes ventajas de esta energía térmica oceánica es que no es irregular, por lo que elimina la necesidad de sistemas de compensación o almacenamiento de energía. Sin embargo, uno de los inconvenientes de esta fuente de energía es que requiere tuberías de mayor diámetro, las cuales deben sumergirse a una profundidad de más de 1,5 kilómetros para llevar agua fría a la superficie y aumentar la eficacia a través del intercambio de agua. Calor. La tecnología OTEC la convierte de energía térmica a energía eléctrica basándose en principios termodinámicos. En este sentido, el vapor a menor presión que impulsa las turbinas del generador utiliza el ciclo Rankine, que se utiliza habitualmente para generar energía eléctrica a partir de centrales de carbón, gas natural y nucleares. El ciclo de Rankine tiene cuatro moentes:

1. Compresión de un líquido o fluido,
 2. Vaporización,
 3. Expansión de vapor a través de una turbina,
 4. Condensación de vapor de agua,
- puedes ver estos pasos en el siguiente diagrama.

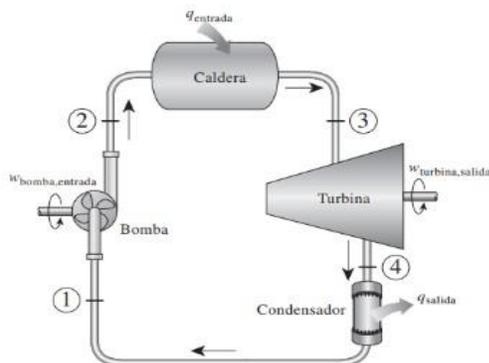


Figura 18 Ciclo Rankine [20]

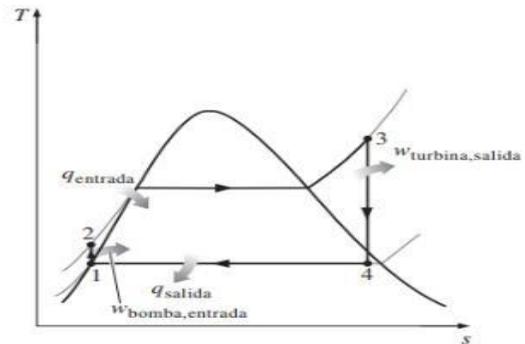


Figura 19 Ciclo Rankine [20]

El agua ingresa a la bomba como un líquido saturado en el momento 1 y se condensa isotrópicamente a la presión de operación de la caldera. Durante esta compresión isotérmica, la temperatura del agua aumenta ligeramente debido a la ligera reducción de la masa de específica del agua. El agua ingresa a la caldera como líquido comprimido en el momento 2 y sale como vapor sobrecalentado en el momento 3. Una caldera es básicamente un gran intercambiador de calor donde el calor de los gases de combustión, reactores nucleares u otras fuentes se transfiere al agua a una presión sustancialmente constante. Durante este proceso, la presión y la temperatura del vapor se reducen a los valores del estado 4 y el vapor entra al condensador. En este estado, el vapor suele ser vapor húmedo de alta calidad. El vapor se condensa a presión constante en un condensador, que es básicamente un gran intercambiador de calor que descarga calor en un medio refrigerante como lagos, ríos o la atmósfera. [20].

Ecuaciones fundamentales de ciclo Rankine:

La formula de energía de flujo estacionario, por unidad de masa de vapor.

$$(q_{entrada} - q_{salida}) + (w_{entrada} - w_{salida}) = h_e - h_i \quad (\text{kJ/kg})$$

Ecuación 1 [20]

La ecuación de energía para cada dispositivo es:

$$\begin{aligned} \text{Bomba } (q = 0): \quad w_{\text{bomba,entrada}} &= h_2 - h_1 \\ \text{O, } w_{\text{bomba,entrada}} &= v(P_2 - P_1) \\ \text{donde} \\ h_1 &= h_{f \text{ a } P_1} \quad \text{y} \quad v \cong v_1 = v_{f \text{ a } P_1} \end{aligned}$$

$$\text{Caldera } (w = 0): \quad q_{\text{entrada}} = h_3 - h_2$$

$$\text{Turbina } (q = 0): \quad w_{\text{turbina,salida}} = h_3 - h_4$$

$$\text{Condensador } (w = 0): \quad q_{\text{salida}} = h_4 - h_1$$

Ecuación 2 Ecuación para cada dispositivo [20]

Las tecnologías existentes para el aprovechamiento de esta energía se clasifican por el tipo de fluido que utilizan para generar trabajo, entre ellas se tiene el ciclo cerrado, ciclo Kalina, ciclo abierto y sistema híbrido.

B. Descripción de las generalidades de las tecnologías para el aprovechamiento de gradiente térmico.

El ciclo OTEC cerrado usa el agua superficial del océano para calentar un fluido de trabajo, que tiene un punto de hervor bajo como en amoníaco, propileno, freón y los refrigerantes, y generar vapor para mover las turbinas [6]. El vapor mueve las turbinas que impulsan en generador que produce electricidad, luego de mover las turbinas, el vapor es condensado por el agua las masas de agua fría del mar profundo y el fluido es bombeado de regreso a un sistema cerrado. La principal ventaja del ciclo cerrado es que al tener el flujo de trabajo una presión y volumen específico elevado, se disminuye el tamaño de la turbina y conductos empleados. Una desventaja es el gran proporción del evaporador y el condensador debido al bajo rendimiento del sistema que hace que el área para la transferencia de calor se deba incrementar.

El ciclo abierto OTEC también conocido como ciclo de Claude introduce el agua cálida superficial a través de una válvula en el compartimento de baja presión y evaporación instantánea. El calor del agua superficial genera vapor seco, éste mueve unas turbinas que impulsan un generador, luego de realizado el trabajo, el vapor es condensado por el agua de mar fría que se extrae desde la profundidad del océano.

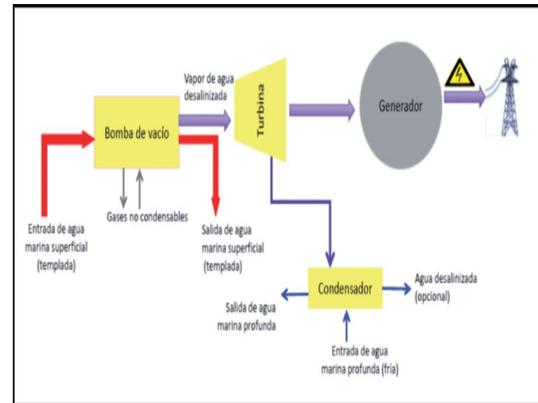


Figura 20 Ciclo abierto OTEC [21]

El agua condensada se puede recolectar y al ser agua dulce se puede usar para otros propósitos, mientras que el agua fría usada en el proceso de condensación, se puede usar para sistemas de aire acondicionado.



Figura 21 Diversos usos y subproductos de una planta OTEC [22]

Los aprovechamientos derivados de la generación de electricidad con un ciclo OTEC tales como el suministro de agua dulce y los sistemas de aire acondicionado, hacen que la eficiencia total del sistema se incremente cuando se consideran todos sus aprovechamientos en conjunto. La eficiencia

para la generación de electricidad está directamente relacionada con la diferencia de temperatura entre las aguas de la superficie y las profundas.

Los sistemas híbridos combinan ciclos abiertos y cerrados donde el vapor generado por vaporización instantánea se utiliza como calor para impulsar un ciclo cerrado [7] [8].

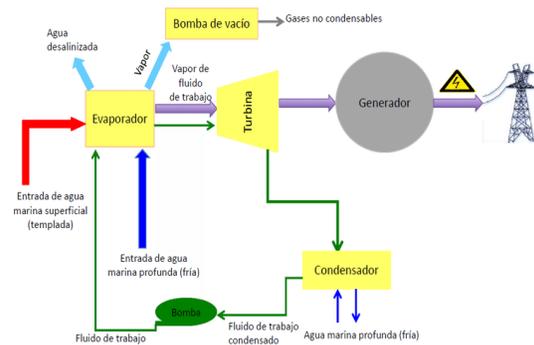


Figura 22. Esquema conceptual de una planta otec de ciclo híbrido [23]

Primero la energía eléctrica se genera en un sistema de ciclo cerrado como se describió anteriormente. Después, las descargas de agua de mar caliente del OTEC de ciclo cerrado se evapora instantáneamente de manera semejante a un sistema OTEC de ciclo abierto, y se enfrían con la descarga de agua fría. Este ciclo surgió de estudios que sugerían que los sistemas que producen electricidad y agua dulce tendrían una mejor aceptación en el mercado.

La principal diferencia entre los sistemas de ciclo abierto y cerrado es la proporción más pequeña de las tuberías y el diámetro de la turbina utilizada para el ciclo cerrado, y el área de superficie requerida para una transferencia de calor eficiente en el intercambiador de calor, el ciclo de conversión cerrado utiliza el calor de manera más eficiente [9]. Otros componentes de una planta OTEC incluyen plataformas (que pueden estar en tierra, amarradas al lecho marino o flotantes), cables eléctricos y sistemas de tuberías de agua que transmiten electricidad a la costa. En particular, las plantas OTEC con un tamaño de 100 megavatios (MW) requieren tuberías de agua fría de 10 m de diámetro o más y 1.000 m de longitud, que deben estar firmemente sujetas a la plataforma, sistema de compensación o almacenamiento de energía. No obstante, una desventaja de este tipo de energía es

que requiere de tuberías con un gran diámetro, que deben ser sumido a una profundidad de más de 1,5 km para llevar agua fría a la superficie y mejorar la eficacia a través del intercambio de calor

El ciclo Kalina es una variación del ciclo cerrado que en lugar de usar amoníaco como fluido de trabajo utiliza una mezcla de agua-amoníaco con un porcentaje 40%-60% respectivamente, esto hace que se incremente la eficiencia del ciclo.

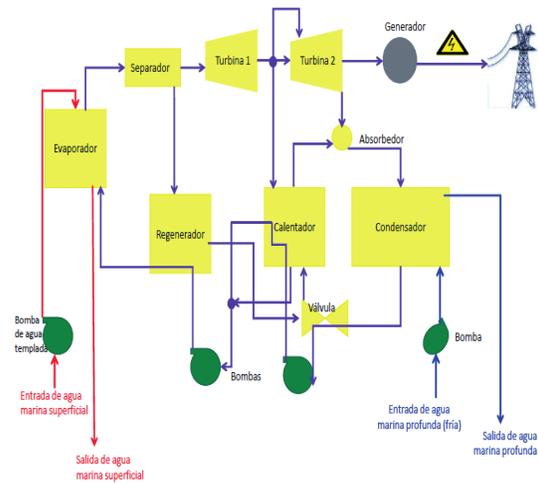


Figura 23 Representación esquemática del ciclo Kalina [23]

C. Estudios realizados en la ciudad de Santa Marta acerca de cómo se podrían implementar las energías de gradiente térmico.

En el estudio (Estructura del subsuelo de la plataforma continental adyacente a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira) en el distrito de Santa Marta, investigadores realizaron un análisis de la plataforma continental. Ellos eligieron 5 perfiles para la investigación, los cuales son las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira. En este estudio se encontró que las bahías tienen como características comunes las arenas finas que las componen, una excelente transparencia del agua y una profundidad moderada aproximadamente de 150 metros. Estos sitios muestran en la plataforma continental que gracias a la Sierra Nevada de Santa Marta presenta un relieve derivado de las estribaciones de ésta, por ello las características de

baja pendiente e igualdad sólo se presentaron en algunas zonas de los perfiles escogidos [24]

D. Sitios de posible aplicación para el Aprovechamiento de gradiente térmico en Santa Marta, Colombia

Según el estudio (Estructura del subsuelo de la plataforma continental adyacente a las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta.) los sitios de posible aplicación son las bahías de Santa Marta, Taganga y Gaira que continuación se pueden observar. [24]

1) Locación de perfiles



Figura 24 localización de los perfiles [24]

2) Bahía de Santa Marta



Figura 25 Bahía de Santa Marta [25]

3. Bahía de Taganga



Figura 26 Bahía de Taganga [26]

4) Bahía de Gaira



Figura 27 Bahía de Gaira (Rodadero) [25]

Se ha encontrado que las características comunes de estas bahías son la arena fina que las forma, la excelente claridad del agua y una profundidad moderada de unos 150 metros.

Los sitios se muestran sobre la plataforma continental, la cual presenta características de baja pendiente e igualdad solo en ciertas áreas del perfil seleccionado debido a la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual presenta topografía originada en sus estribaciones.

5) Condiciones Geológicas y Térmicas

La Sierra Nevada de Santa Marta es un bloque Pirámide con falla norte Oca, al oeste de la Falla de Santa Marta y Ubicado en la parte sureste de la cuenca Cesar-Ranchería. Las rocas que forman el borde del acantilado. de las bahías, corresponden a la formación Pizarra de Santa Marta compuesta de

rocas Metamórficas de tipo esquisto (km), instruidas, hacia la bahía de Gaira, a través del batolito de Santa Marta de edad terciaria (Ti).

Debido a la situación estructural, la Las rocas reflejan una gama de estructuras asociadas posiblemente a su movimiento y episodios de presión y tensión resultantes de la Ubicación y relevamiento del SNSM La Falla de Oca forma el límite entre el SNSM y el Mar Caribe; su rastro se extiende con una dirección aproximada de N85°W; afuera Ubicación Cañaveral (Parque Tayrona), se extiende junto al mar, donde hace una flexión a juego aparentemente con el extremo este de la falla de Taganga que esta como elemento mas reciente tectónico del sistemas de fallas de la región [24]

La temperatura, salinidad y densidad en el punto de salida del desagüe submarino de Santa Marta ubicado en la bahía de Santa Marta. Se encontraron tres cuerpos de agua. Los períodos de estratificación térmica coinciden con las dos estaciones lluviosas de la región (entre abril y junio la primera y agosto y diciembre la segunda). La termoclina puede tener hasta 12 metros de espesor y presentar gradientes de temperatura de 0,67 °C/m. [27].

Este gradiente térmico de los océanos se puede aprovechar para generar energía. La electricidad puede ser generada por un motor térmico que utiliza agua caliente de la superficie como fuente de calor y agua más fría de abajo como refrigerante. Por razones de rendimiento, este gradiente de temperatura debe ser de al menos 20 grados, siendo las zonas ecuatoriales y subtropicales aptas para este tipo de instalación.

En los océanos tropicales existe una diferencia de temperatura entre la superficie y las capas profundas de hasta 25 °C y este gradiente puede aprovecharse en un ciclo orgánico de Rankine, el fluido de trabajo se vaporiza en las aguas superficiales y se condensa con el frío en el fondo. [1]

E. Con base en la recopilación y análisis de la información ¿Es posible aprovechar la energía oceánica de gradiente térmico en los sitios seleccionados en Santa Marta?

Con la información acerca del estudio de la estructura del subsuelo realizado en la ciudad de Santa Marta, se podría inferir que a mayores distancias desde la playa hacia el mar se tendrían profundidades mayores, esto permitiría que se pueda generar electricidad con OTEC al obtener la diferencia de temperatura mínima de 20° C requerida para esta tecnología. Esta suposición es confirmada por la investigación realizada por [12],

los autores de este estudio simularon el comportamiento de la temperatura y la salinidad de los mares en Colombia usando datos de presión atmosférica, temperatura del aire a 2 metros, precipitación, humedad relativa, cobertura de nubes a diferentes alturas y velocidad de viento desde 2002 hasta 2008. Ellos encontraron que la temperatura superficial del mar no varía significativamente en el trópico colombiano y que los sitios con potencial para el aprovechamiento OTEC son donde la plataforma continental es empinada, cayendo a profundidades de más de 1 km a pocos kilómetros de la costa. En Colombia solo dos sitios cumplen con esas condiciones: San Andrés y la ciudad de Santa Marta [12].

1) Ventajas, Desventajas y Características de las Tecnologías Para el Aprovechamiento de Gradiente Térmico

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CARACTERÍSTICAS
Ciclo Abierto	1. El agua condensada se puede recolectar y al ser agua dulce se puede usar para otros propósitos. 2. El agua fría usada	Requiere de tuberías con un gran diámetro.	Introduce el agua cálida superficial a través de una válvula en el compartimento de baja presión y evaporación instantánea.
Ciclo Cerrado	El flujo de trabajo tiene una presión y volumen específico elevado lo que hace que disminuya el tamaño de la turbina y conductos empleados.	Gran tamaño del evaporador y el condensador debido al bajo rendimiento del sistema que hace que el área para la transferencia de calor se deba incrementar.	1. Usa el agua superficial del océano para calentar un fluido de trabajo, que tiene un punto de ebullición bajo como en amoníaco, propileno, freón y los refrigerantes. 2. Generar vapor para mover las turbinas.
Ciclo Híbrido	1. El agua condensada se puede recolectar y al ser agua dulce se puede usar para otros propósitos. 2. Disminuya el tamaño de la turbina y conductos empleados.	Requiere de tuberías con un gran diámetro, que deben ser sumergidas a una profundidad de más de 1,5 km para traer agua fría a la superficie y mejorar la eficiencia a través del intercambio de calor.	Combinan ciclos abiertos y cerrados donde el vapor generado por vaporización instantánea se utiliza como calor para impulsar un ciclo cerrado.

Ciclo Kalina	Usa amoniaco como fluido de trabajo utilizando una mezcla de agua-amoniaco con un porcentaje 40%-60% respectivamente, esto hace que se incremente la eficiencia del ciclo.	El área de transferencia de calor debe ser mayor.	Es una variación del ciclo cerrado.
---------------------	--	---	-------------------------------------

Tabla 1 Ventajas Desventajas y características las Tecnologías Para el Aprovechamiento de Gradiente Térmico

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El gradiente térmico oceánico (OTEC) utiliza la diferencia de temperatura entre la superficie del océano y las aguas profundas para generar vapor a baja presión para impulsar turbinas y generar electricidad. Esta diferencia de temperatura debe ser de al menos 20°C para generar electricidad.

En un sistema de ciclo cerrado, se utiliza un fluido distinto del agua para su evaporación, por lo que el agua superficial y el agua del lecho marino solo se utilizan para elevar y enfriar la temperatura del fluido, por lo que tampoco se produce energía de subproducto. Un sistema híbrido funciona como un ciclo abierto; sin embargo, el vapor del agua superficial tibia se usa para evaporar otro fluido (como el amoníaco) que impulsa una turbina que genera electricidad. Los vapores de los dos fluidos se condensan con agua fría del fondo del océano, produciendo salmuera como subproducto. Un ciclo abierto, cuyo funcionamiento se caracteriza porque el fluido utilizado para el movimiento de la turbina es el agua superficial del océano, la cual es bombeada a una cámara presurizada haciendo que se evapore. El agua vaporizada provoca el movimiento de la turbina, mientras que el agua del fondo marino produce la licuefacción del vapor. Como subproducto de este ciclo, hay agua desalinizada, ya que la sal y otros contaminantes quedan atrapados en la cámara presurizada. El agua obtenida es potable y se puede utilizar para riego, acuicultura o muchos otros fines.

Los sitios con potencial para el aprovechamiento OTEC se encuentran donde la plataforma continental es empinada y desciende unos pocos kilómetros mar adentro a profundidades superiores a 1 km, [24] En Colombia, solo dos localidades cumplen con estos criterios: San Andrés y la ciudad de Santa Marta. En la ciudad se encontraron 3 sitios de posible aplicación para la energía de gradiente térmico según el estudio realizado [24] los cuales son las bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira en donde los autores

[24] de este estudio encontraron que a poca distancia de la playa en estas 3 bahías hay una profundidad aproximada de 150m, lo que conlleva a deducir que a mayor distancia se encuentra la profundidad y la diferencia de temperatura adecuada para la implementación de este tipo de energía oceánica.

En Santa marta no se han realizado estudios relacionados con la temperatura cerca de los 1000mt de profundidad, lo cual no permite saber de manera específica cual es la temperatura que se encuentra a dicha profundidad en cada una de los perfiles escogidos de dicho estudio.

Por medio de esta implementación de energía oceánica se puede disminuir el impacto ambiental que generan los tipos de energía no renovables.

La energía de gradiente térmico tiene un factor de capacidad muy alto en un 95% que permite la generación continua de energía, reduciendo la intermitencia que se observa en las regiones donde otros tipos de energía generan electricidad. El despliegue de tales tecnologías podría brindar soluciones a las crecientes necesidades energéticas del país especialmente la ciudad de Santa Marta y desencadenar un posible desarrollo tecnológico, social y económico para las poblaciones costeras.

X. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. M. P. Rodriguez, «LAS ENERGIAS RENOVABLES,» *Revista de Estudio Comarcales Hoya de Buñol-Chiva*, vol. 3, nº 5, pp. 105-107, 2001.
- [2] Diaz Velill y J. P., «Sistemas de Energías Renovables,» *Ediciones Paraninfo, SA*, vol. 2, 2005.
- [3] «Energía Hidroeléctrica, la clave del futuro,» Enel Group, 22 3 2019. [En línea]. Available: <https://www.enel.com/es/nuestra-compania/historias/articulos/2019/03/hidroelectrico>. [Último acceso: 21 9 22].
- [4] W. N. Association, «Carbon dioxide emissions from electricity, » 2019. [En línea]. Available: <https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity.aspx>. [Último acceso: 17 septiembre 2021].
- [5] I. E. Agency, «Emissions – global energy & CO2 status report 2019 – analysis, » IEA, 2018. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions>. [Último acceso: 17 septiembre 2021].

- [6] A. E. d. M. Ambiental., «La energía y el cambio climático,» *Agencia Europea de Medio Ambiente*, 2017.
- [7] R. Blumer, «blumergreen.org, » 2 8 2021. [En línea]. Available: <https://blumergreen.org/cambio-climatico-una-gran-amenaza-para-la-vida/>. [Último acceso: 23 9 2022]
- [8] «Energías alternativas, Potencial de la energía mareomotriz en México,» *Energy y Commerce*, 2021.
- [9] R. U. C. Aguirre, «todos. cice.mx,» 30 1 2016. [En línea]. Available: <http://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=725#.YyOwXbMKM8>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [10] T. V. Ferra, «Energiatoday.com/olas/,» [En línea]. Available: <https://energiatoday.com/olas/>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [11] Antropomania, «Quora,» [En línea]. Available: <https://es.quora.com/profile/Antropoman%C3%ADa>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [12] ANONYMOUS, «fluidosgrupo70.blogspot.com/,» [En línea]. Available: <http://fluidosgrupo70.blogspot.com/2016/10/en-que-consiste.html>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [13] J. A. Perdomo, «Un caudal de energía azu,» *Intellecta*, 2020.
- [14] J. A. M. M. A. & R. O. E. Laboy, «Viabilidad de la conversión de energía océano termal (OTEC) para la producción de energía renovable y agua potable en países en desarrollo.,» 2010.
- [15] I. D. I. UNAM, «proyectos2.iingen.unam.mx,» [En línea]. Available: <http://proyectos2.iingen.unam.mx/IIDEA/plantas.html>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [16] REMTAVARES, «madrimasd.org,» 1 JULIO 2013. [En línea]. Available: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/07/01/131927>. [Último acceso: 22 9 2022].
- [17] R. Kempener y F. Neumann, «Ocean Termal Energy Conversion Technology Brief,» june 2014. [En línea]. Available: <https://www.irena.org/>.
- [18] M. Terry De Loredo, «Energía marina: estado del arte, situación y perspectivas de los sistemas de gradiente térmico OTEC,» Universidad del País Vasco, 2018.
- [19] F. G. Arias, EL PROYECTO DE INVESTIGACION, Caracas, Editorial Episteme•, 1999.
- [20] J. F. M. Salgado, «UNIDAD I CICLOS DE VAPOR,» 2017.
- [21] E. P. Garduño-Ruiz, F. Rivera-Castro, O. Reséndiz-Pacheco, M. Galindo-De la Cruz, E. Cerezo- Acevedo, M. Á. Alatorre-Mendieta, G. RiveraCamacho, C. E. Carrera-Chan, R. E. Hernández- Contreras, G. Vargas-Guitérrez, M. E. Ortega-Vargas, C. R. Fuerte-Esquivé, J. L. González- Mendoza, J. Maya-Cornejo y O. S. Areu-Rangel, «PLANTA OTEC DE 50 MWe CICLO.»
- [22] M. A. G. Huante, M.C. Erika Paola y Garduño Ruiz, «Energía por gradiente térmico: posible detonante de desarrollo para México,» *Agua y Ambiente*, 2020.
- [23] Erika Paola Garduño Ruiz, Alejandro García Huante, Yandy Rodríguez Cueto, Juan Francisco Bárcenas Graniel, Miguel Ángel Alatorre Mendieta, Estela Cerezo Acevedo, Jessica Guadalupe Tobal Cupul, Víctor Manuel Romero Medina y Rodolfo Silva Casarí, Colección Energías Renovables del Océano, G. P. V. Rodolfo Silva Casarín, Ed.
- [24] B. O. P. Posada, Carlos A. Andrade y ves-Francois Thomas, «Estructura del subsuelo de la plataforma continental aleañas a las estrribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, bahías de Taganga, Santa Marta y Gaira,» 2012.
- [25] «Istock,» [En línea]. Available: <https://www.istockphoto.com/es/fotos/el-rodadero>. [Último acceso: 30 9 2022].
- [26] «<https://www.civitatis.com/>,» [En línea]. Available: <https://www.civitatis.com/es/santa-marta/excursion-taganga-playa-grande/>. [Último acceso: 30 9 2022].
- [27] G. Francisco, C. Palacio Tobon y Garcia Uriel , «Distribucion vertical de temperatura y salinidad en el area costera de Santa Marta (COLOMBIA),» *Dyna* , 2012.
- [28] «World Nuclear Association, » [En línea]. Available: <https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity.aspx>.
- [29] H. K. N. Y. D. S. Yuanrui Sang, «Ocean (Marine) Energy, » de *Comprehensive Energy Systems*,

2018, pp. 737- 767.

[30] J. Gutierrez Lara, E. P. Garduño Ruiz, A. García Huante, Y. Rodríguez Cueto, J. F. Barcenas Graniel, M. A. Alatorre Mendieta, E. Cerezo Acevedo, J. G. Tovar Cupul, V. Romero Medina, R. Silva Casarín, G. Posada Vanegas y A. Felix Delgado, «Conversión de energía térmica oceánica,» Universidad Autónoma de Campeche, México, 2017.

[31] R. R. Torres Parra y C. A. Andrade Amaya, «Potencial de Colombia para el aprovechamiento de la energía no convencional de los océanos,» CIOH, 2004.

[32] D. Bharathan, «Puesta en escena de ciclos Rankine usando amoníaco para la producción de energía OTEC (No. NREL/TP-5500-49121),». Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL), Golden, CO, (Estados Unidos), 2011.

[33] R. y. J. J. Charlier, «Energías oceánicas: aspectos ambientales, económicos y tecnológicos de las fuentes alternativas de energía.,» 1993.

[34] L. A. Vega, «Ocean thermal energy conversion. Encyclopedia of sustainability science and technology., » 1992.

[35] A. e. a. Lewis, «“Ocean Energy”, In O. Edenhofer et al. (Eds.) IPCC Special Report,» Mitigation, Cambridge University, Cambridge, and New York, 2011.

[36] A. Osorio, S. Ortega y S. Arango-Aramburo, «Assessment of the marine power potential in Colombia, » *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, pp. 966- 977, junary 2016.

