



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



TESIS

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL
ENERGÉTICO NO CONVENCIONAL, DE LA ENERGÍA DE LAS OLAS
DEL LAGO TITICACA, EN LA ISLA AMANTANI - PUNO**

PRESENTADA POR:

FREDY BERNARDO COYLA APAZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

PUNO, PERÚ

2023

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO NO CONVENCIONAL, DE LA ENERGÍA DE L

AUTOR

FREDY BERNARDO COYLA APAZA

RECuento de palabras

13998 Words

RECuento de caracteres

62551 Characters

RECuento de páginas

80 Pages

Tamaño del archivo

1.6MB

Fecha de entrega

May 24, 2023 7:40 AM GMT-5

Fecha del informe

May 24, 2023 7:41 AM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente



Dr. Leodidas Vilca Callata
COORDINADOR
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
UPG FIMEES - UNA - PUNO

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO NO CONVENCIONAL, DE LA ENERGÍA DE LAS OLAS DEL LAGO TITICACA, EN LA ISLA AMANTANI - PUNO

PRESENTADA POR:

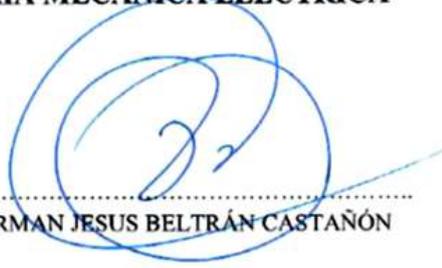
FREDY BERNARDO COYLA APAZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

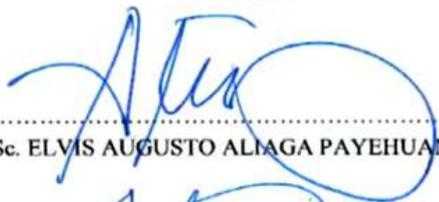
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA-ELÉCTRICA

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
Dr. NORMAN JESUS BELTRÁN CASTAÑÓN

PRIMER MIEMBRO


.....
D.Sc. ELVIS AUGUSTO ALIAGA PAYEHUANCA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dr. JULIO FREDY CHURA ACERO

ASESOR DE TESIS


.....
D.Sc. LEÓNIDAS VILCA CALLATA

Puno, 19 de abril de 2023

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.

TEMA: Análisis y Propuesta de Aprovechamiento del Potencial Energético No Convencional, de la Energía de las Olas del lago Titicaca en la Isla Amantani - Puno.

LÍNEA: Mecánica - Eléctrica.



DEDICATORIA

A mis docentes por impartirme sus conocimientos desinteresadamente, y a mis padres y esposa por el apoyo constante y creer en mí, para contribuir con la comunidad.



AGRADECIMIENTOS

A Nuestro Creador por el don de la vida,
permitiéndome seguir su camino y obra en mí.

A mi Alma Máter Universidad Nacional del
Altiplano, por permitirme desarrollar mi
vocación.

A todas aquellas personas y fuentes que han
hecho posible el desarrollo y culminación de la
presente investigación.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I REVISIÓN LITERARIA

| | |
|--|----|
| 1.1 Marco teórico | 2 |
| 1.1.1 Energía Undimotriz | 2 |
| 1.1.2 Parámetros Físicos de una ola | 4 |
| 1.1.3 Dinámica de las olas del mar | 6 |
| 1.1.4 Aspectos genéricos sobre la tecnología del aprovechamiento de las corrientes marinas | 10 |
| 1.2 Antecedentes | 10 |
| 1.2.1 Antecedentes nacionales | 10 |
| 1.2.2 Antecedentes Internacionales | 11 |

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|---------------------------------|----|
| 2.1 Identificación del problema | 13 |
| 2.2 Enunciados del problema | 13 |
| 2.3 Justificación | 14 |
| 2.4 Objetivos | 15 |
| 2.4.1 Objetivo general | 15 |
| 2.4.2 Objetivos específicos | 15 |
| 2.5 Hipótesis | 15 |
| 2.5.1 Hipótesis general | 15 |
| 2.5.2 Hipótesis específicas | 15 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Lugar de estudio | 16 |
| 3.2 | Población | 17 |
| 3.3 | Muestra | 17 |
| 3.4 | Método de investigación | 17 |
| 3.4.1 | Materiales | 17 |
| 3.4.2 | Descripción de variables | 18 |
| 3.5 | Descripción detallada de métodos por objetivos específicos | 18 |
| 3.5.1 | Descripción para el objetivo específico 1 | 18 |
| 3.5.2 | Descripción para el objetivo específico 2 | 19 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1 | Cálculo de la Máxima Demanda de energía eléctrica del distrito de Amantaní | 21 |
| 4.1.1 | Proyección de crecimiento poblacional | 21 |
| 4.1.2 | Determinación de las tasas de crecimiento Poblacional | 21 |
| 4.1.3 | Pronostico del número de viviendas o usuarios | 22 |
| 4.1.4 | Descripción de la demanda eléctrica | 22 |
| 4.2 | Determinar el potencial disponible de la energía de las olas del Lago Titicaca, en la isla Amantaní | 23 |
| 4.2.1 | Parámetro del viento para cálculo del potencial disponible de la energía de las olas del Titicaca, en la isla Amantaní | 23 |
| 4.3 | Propuesta, características físicas, técnicas y funcionales de los diversos componentes del sistema de generación eléctrica, para aprovechar y transformar, en forma eficiente y creciente, el potencial energético no convencional, de la energía de las olas del lago en energía eléctrica en la isla Amantaní | 35 |
| 4.3.1 | Determinación de la Potencia de la Central de Generación de las Olas de Lago Titicaca | 35 |
| 4.3.2 | Características del sistema de generación de las Olas de Lago Titicaca | 35 |
| 4.3.2.1 | Criterios de selección de OWC | 35 |
| 4.3.3 | Selección de la turbina | 36 |
| 4.3.4 | Dique de abrigo | 38 |
| 4.3.5 | Selección de la cámara | 38 |



| | |
|--|----|
| 4.3.6 Selección de la compuerta | 39 |
| 4.3.7 Válvula de mariposa | 39 |
| 4.3.8 Edificio de la Minicentral | 39 |
| 4.3.9 Generador | 40 |
| 4.3.10 Sistema de regulación del turbogenerador | 40 |
| 4.3.11 Caseta prefabricada | 41 |
| 4.3.12 Sistemas auxiliares, de información y seguridad | 41 |
| CONCLUSIONES | 46 |
| RECOMENDACIONES | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA | 48 |
| ANEXOS | 51 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Operacionalización de variables | 20 |
| 2. Tasa de crecimiento poblacional del distrito de Amantaní | 22 |
| 3. Cálculo de la Potencia Instalada y de la Máxima Demanda | 23 |
| 4. Relaciones superficie – profundidad y volumen – profundidad. | 26 |
| 5. Velocidad Media de viento por mes del año 2021. | 28 |
| 6. Velocidad de viento promedio del año 2021. | 29 |
| 7. Velocidad de viento promedio, mínimo, máximo y dirección del viento. | 30 |
| 8. Longitud de onda año 2021. | 30 |
| 9. Velocidad de traslación año 2021. | 31 |
| 10. Celeridad del grupo año 2021. | 32 |
| 11. Flujo de energía año 2021. | 33 |
| 12. Energía total año 2021. | 34 |
| 13. Resumen de los cálculos realizados. | 34 |
| 14. Características de la turbina. | 37 |
| 15. Resumen de costo de instalación. | 43 |
| 16. Precios unitarios de costos de instalación. | 44 |
| 17. Costos operativos. | 45 |
| 18. Costos de operación y mantenimiento. | 45 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Mapa energético mundial undimotriz en Hw/m. | 2 |
| 2. Formación de olas por efecto de la temperatura y el viento. | 3 |
| 3. Energía potencial de una ola | 3 |
| 4. Parámetros físicos de una ola. | 4 |
| 5. Parámetros energéticos de una ola | 5 |
| 6. Elevación de una ola. | 7 |
| 7. Lugar de estudio | 16 |
| 8. Clasificación de oleaje según período de duración. | 24 |
| 9. Representación de los tipos de olas del océano. | 25 |
| 10. Olas y profundidades del Lago Titicaca. | 27 |
| 11. Turbina Wells. | 37 |
| 12. Velocidad de viento por mes. | 60 |
| 13. Velocidad de viento por día. | 60 |
| 14. Velocidad de viento por hora. | 61 |
| 15. Dirección del viento. | 61 |
| 16. Velocidad del viento. | 62 |
| 17. Promedio de velocidad del viento. | 63 |
| 18. Promedio de la temperatura. | 64 |
| 19. Promedio de temperatura mínima. | 65 |
| 20. Promedio de la radiación solar. | 65 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. Cálculo de la temperatura máxima año 2021. | 52 |
| 2. Cálculo de la temperatura mínima año 2021. | 54 |
| 3. Tablas y gráficos generales de la velocidad del viento 2021. | 56 |
| 4. Tabla de frecuencia | 57 |
| 5. Tablas y gráficos generales de promedio y velocidad máxima y mínima de la velocidad del viento. | 63 |
| 6. Formato de trabajo de campo. | 66 |

RESUMEN

En estos tiempos de escasez de recursos, países como Perú buscan el aprovechamiento del potencial energético no convencional para hacer frente a la energía no renovable. El lugar donde se aplicó el estudio y análisis es el Distrito de Amantani, en un lapso de doce meses. La hipótesis propuesta es: Existe el potencial energético no convencional suficiente, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantani; Objetivo: Estimar y cuantificar el potencial energético disponible no convencional, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantani. La presente tesis utiliza los siguientes métodos: Cuantitativa, No Experimental, Prospectiva-Transversal, para el análisis y la estadística por variable según objetivos. Longitud: 100,45 m; Celeridad de la Ola: 12,50 m/s; Celeridad del grupo 6,25 m/s; Flujo de Energía: 7,89 kW/m; Energía Total: 515,65 kJ/m². Para la presente tesis de investigación se toma como Flujo de Energía: 7,0 kW/m. La potencia instalada de la Isla Amantani que es de 41,7 Kw., se usará una turbina well de 55 kW, considerando que la eficiencia de la turbina es de 86,7% y la eficiencia de los generadores es de 97%. El sistema de generación eléctrica undimotriz de las olas del lago se utilizará 01 turbina del tipo Wells, paso fijo, potencia nominal 55 kW. La inversión a efectuar es de US\$ 110284.3, la operación y mantenimiento al año es de US\$ 40 800. Los resultados indican si es viable la propuesta energética en el área de estudio.

Palabras clave: Conversión de la energía, eficiencia energética, energías renovables, olas del lago y potencial energético.

ABSTRACT

In these times of scarcity of resources, countries like Peru seek to take advantage of the non-conventional energy potential to deal with non-renewable energy. The place where the study and analysis were applied is the District of Amantaní, in a period of twelve months. The proposed hypothesis is: There is sufficient non-conventional energy potential, from the energy of the waves of Lake Titicaca, on Amantaní Island; Objective: Estimate and quantify the unconventional available energy potential of the wave energy of Lake Titicaca, on Amantaní Island. This thesis uses the following methods: Quantitative, Non-Experimental, Prospective, Cross sectional, for analysis and statistics by variable according to objectives. Length: 100.45m; Wave speed: 12.50 m/s; Group speed 6.25 m/s; Power Flow: 7.89 kW/m; Total Energy: 515.65 kJ/m². For this research thesis, it is taken as Energy Flow: 7.0 kW/m. The installed power of Amantaní Island, which is 41.7 kW, will use a 55 kW well turbine, considering that the efficiency of the turbine is 86.7% and the efficiency of the generators is 97%. The wave power generation system of the lake waves will use 01 Wells type turbine, fixed pitch, nominal power 55 kW. The investment to be made is US\$ 110,284.3, the operation and maintenance per year is US\$ 40,800. The results indicate whether the energy proposal in the study area is viable.

Keywords: energy conversion, energy efficiency, energy potential, lake waves and renewable energy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, países como Perú, están prestando importancia a las energías renovables, en lo concerniente a su generación y provecho, debido a que los recursos se están extinguiendo y se deben buscar nuevas formas de uso y reutilización para el buen sostenimiento de los recursos, así como para minimizar los gastos y la mano de obra innecesaria. En ese marco, la presente investigación propone un plan estratégico a ser ejecutado en las olas del lago Titicaca en la isla de Amantaní, el cual provea de energía a la zona a la vez que se implementa una novedosa forma de hacerlo que puede ser imitable en lugares parecidos.

Dicha energía undimotriz también es conocida como la del producto de la acumulación a causa de la energía del sol y la energía eólica, ya que el astro sol varía la temperatura de las olas y produce diversas presiones del área del mar, lo que desencadena que los vientos soplen sobre el agua con fuerza hasta generar olas, las cuales pueden hacer grandes recorridas y elevarse a diversas alturas, dependiendo sobre todo del viento.

Una desventaja notoria es que se tiene una inversión originaria elevada con un tiempo de ejecución de más de un año, aunque la tecnología ayuda bastante en reducir tiempos y generar mayor rendimiento y ganancias.

El área libre entre el agua y el aire, la cual se representa como: $z=\eta(x,y,t)$, altura de la ola H , la longitud de onda λ , la profundidad del mar h (todos ellos en metros) y el curso de la ola T , el cual se representa en segundos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN LITERARIA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Energía Undimotriz

La palabra “undimotriz” significa onda, término usado en varios ámbitos, incluso en las ondas marinas. Esto se origina por efecto de las ráfagas de viento, pues más masas de aire convergen y generan desplazamientos de masas de aguas de la superficie del mar generando la dinámica de las olas (Pelissero *et al.*, 2011).

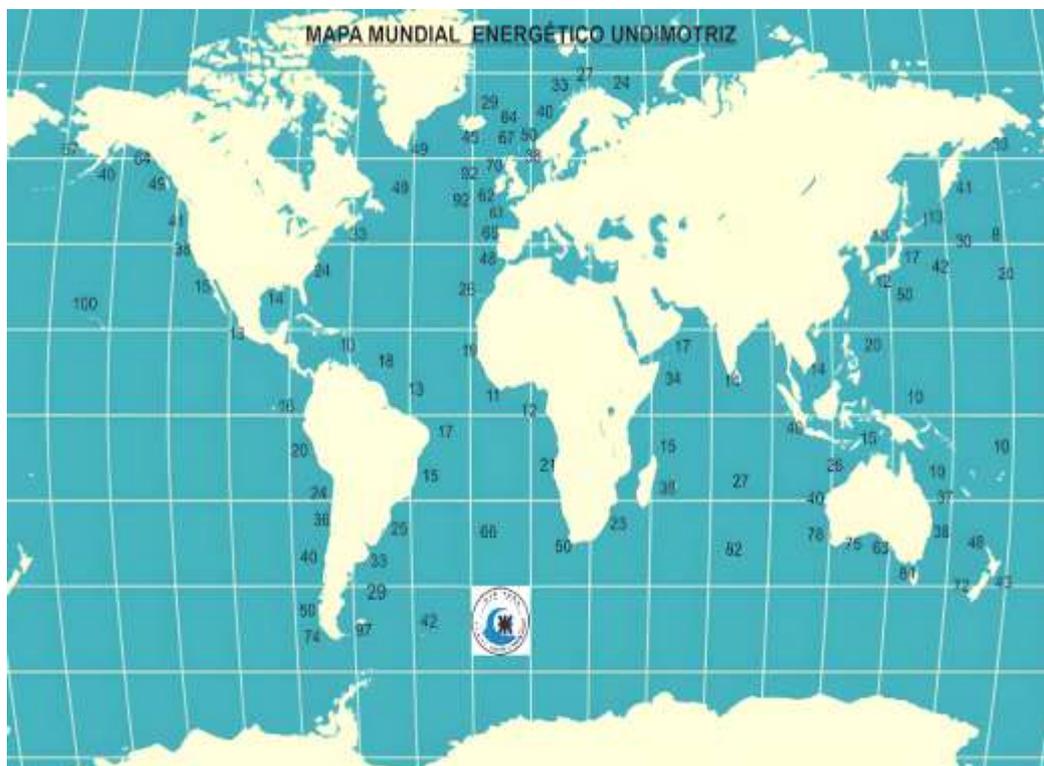


Figura 1. Mapa energético mundial undimotriz en Hw/m.
Fuente: (Pelissero *et al.*, 2011).

Una vez que las olas se sitúan en el litoral pueden tener una envergadura de 2m recargadas de energía potencial.

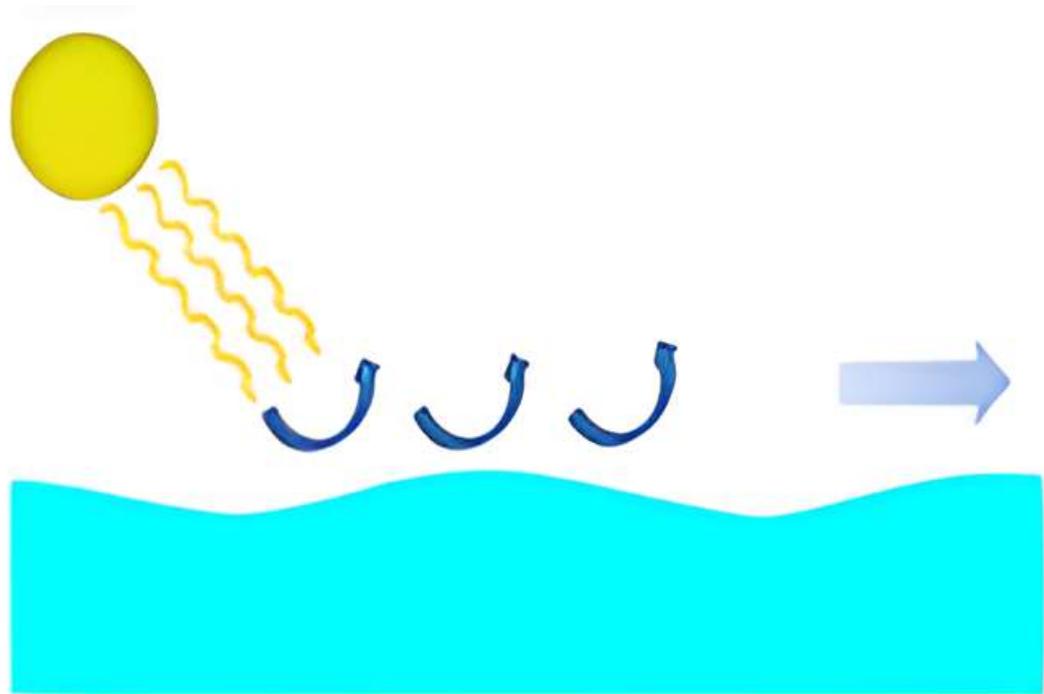


Figura 2. Formación de olas por efecto de la temperatura y el viento.
Fuente: (Pelissero *et al.*, 2011).

La ola generada cuenta con desplazamiento tanto en longitud como transversal por lo cual posee energía cinética ya que hace su recorrido a gran velocidad. De igual manera posee energía potencial por la altura de su cresta originándose por la fuerza del viento que hizo posible el desplazamiento del agua. En conjunto se tiene la energía mecánica expresada en vatio por metro (w/m) que viene a ser la potencia de la ola por metro de frente a la ola (Coello, 2017).

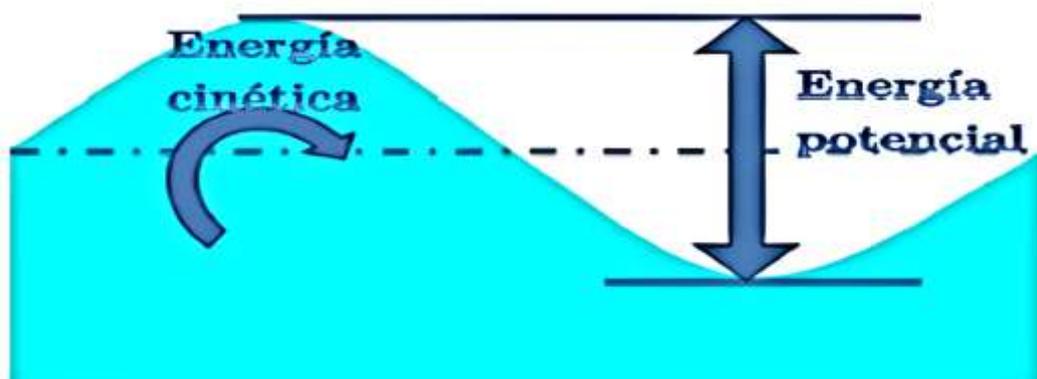


Figura 3. Energía potencial de una ola
Fuente: (Aita, 2016)

“Debido al desplazamiento de masas de agua y el efecto de rozamiento causado por las mismas, produce que la ola que se está acercando a la costa, pierda velocidad y longitud de onda; por lo contrario, crece en altura ganando energía potencial (principio de conservación energética). Con ello se concluye que la mayor parte de la energía se logra perder a causa de la fricción del fondo marino, así como de la turbulencia generada a causa de los desplazamientos de las aguas” (Morales, 2016).

“Una de las ventajas de la energía undimotriz más importante de esta forma de energía alternativa, es que posee características similares a la producción de energía por medio de centrales hidroeléctricas comunes, es autorrenovable, no contaminante, no ruidosa, no tiene estacionalidad limitante”(Jaramillo, 2019).

El tiempo de utilidad de la instrumentación utilizada en aparatos de beneficio energético es por lo general, casi cinco años para instalarse y en su colocación es de unos 120 años. Otro detrimento que se le inculpa es que puede producir un impacto a la biota marina del ambiente, así como un impacto visual en el panorama” (Jaramillo, 2019).

1.1.2 Parámetros Físicos de una ola

VARIABLES DE UNA OLA:

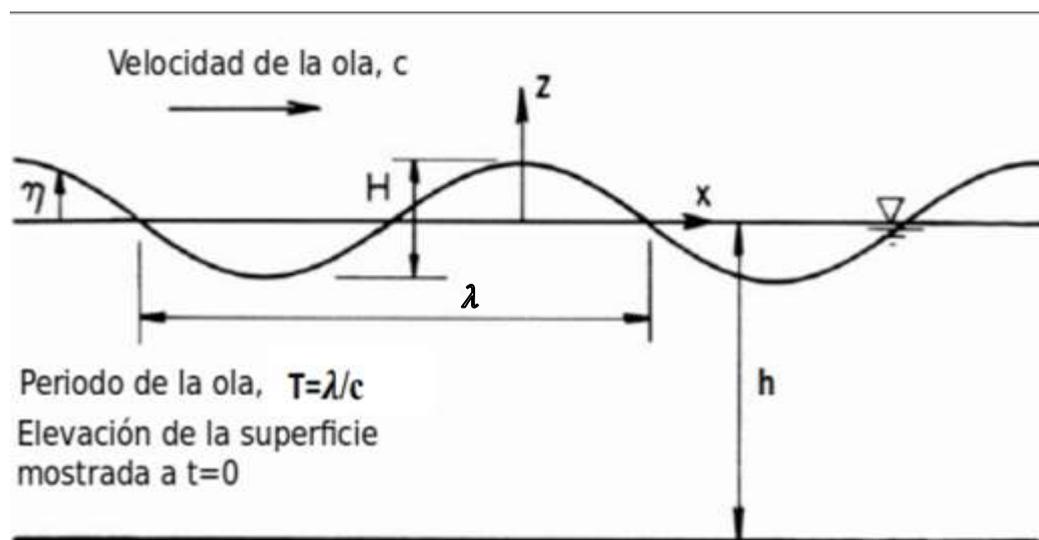


Figura 4. Parámetros físicos de una ola.
Fuente: (Neira & Roque, 2020).

λ significa Longitud de onda

T significa Período

H significa Altura

A significa Amplitud

H significa Profundidad

“Debido a que las nuevas olas producidas tienen diversas magnitudes, para poder estudiarlas, analizarlas y describir su dinámica se recurren a métodos estadísticos o determinísticos, esto es, para la altura generalmente se asume un valor medio de $1/3$ de la máxima generada durante el año” (Tauro *et al.*, 2021).

“En el Perú, varios estudios teóricos e hidrológicos han determinado que en el período cronológico de otoño-invierno, la altura o cota significativa en las olas marinas fluctúa entre 0.9 a 1.5 metros de altura; en primavera-verano, la cota varía entre 0.8 y 2.2 metros, para los oleajes durante tormentas se observan alturas que fluctúan entre 4 y 5 metros” (Jaramillo, 2019).

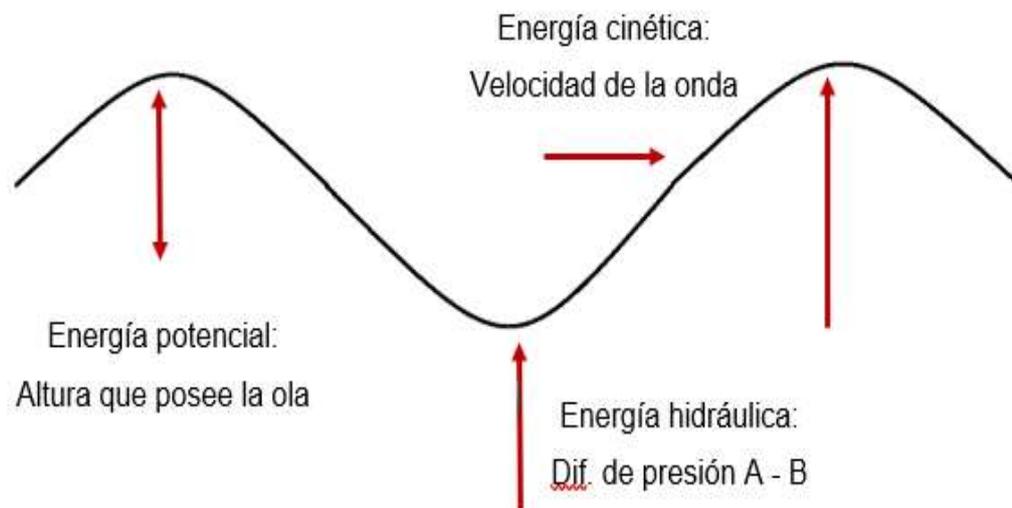


Figura 5. Parámetros energéticos de una ola
Fuente: (Tauro *et al.*, 2021).

1.1.3 Dinámica de las olas del mar

Para poder estimar el recurso energético undimotriz es necesario partir de las ecuaciones de la mecánica de los fluidos, pues, estas ecuaciones rigen el movimiento de las aguas, estas a su vez son originadas por los efectos de los vientos y la radiación solar que genera diferencia de presiones en relación a la superficie del agua (Aita, 2016).

Para comenzar las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes de acuerdo a (Morales, 2016).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(p * v) = 0$$

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla_{\rho_{total}} + v \nabla^2 v + \frac{1}{\rho} * f \setminus$$

ρ , es densidad en kgm^3

v , es velocidad en m/s

t , es tiempo en s

p_{total} , es la presión Total en Pa.

ν , es el coeficiente de viscosidad cinética en Pa.s

f , es todas las fuerzas externas indicadas en N.

Cabe señalar que se define el eje x en el sentido de avance de la ola y el eje z como el vector que apunta hacia arriba perpendicular al eje x. (Truhlar, 1972).

Ahora, si se considera sólo la fuerza gravitacional $f = \rho g$, y presión atmosférica $p_{total} = p_{atm}$ como presión sobre la superficie del fluido, teniendo como punto de partida las ecuaciones ya citadas, se puede demostrar que sobre una superficie libre $z = \eta(x, y, t)$, definida como la interfaz entre el agua y el aire se muestra la ecuación (L. García, 2021):

$$\left. \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} \nabla \phi, \nabla \phi \right|_{z=\eta} + g\eta = 0$$

Donde \emptyset representa la velocidad potencial concerniente con la velocidad del fluido a través de la expresión:

$$\nabla\emptyset = v$$

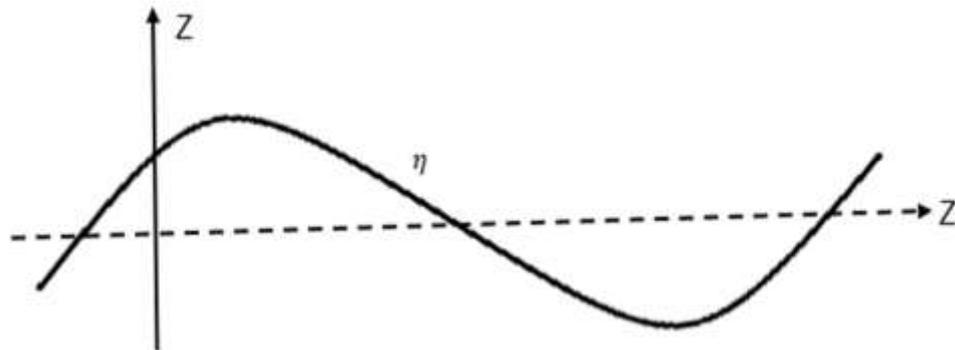


Figura 6. Elevación de una ola.
Fuente: (Neira y Roque, 2020).

Las olas marinas tienen cinética en ellas mismas a causa del viento, además ante varias olas sucesivas, se forman crestas de agua originando olas. En primer lugar, se considerará el potencial energético que se relaciona con la cota de la onda plana (Pelissero *et al.*, 2011).

La energía potencial por unidad horizontal de área en concordancia al suelo marino $(h+\eta)/2$:

$$E_p(x, t) = \left(\frac{pg}{2}\right) * (h + \eta)^2 = \left(\frac{pg}{2}\right) * h^2 + pgh\eta + \left(\frac{pg}{2}\right) * \eta^2$$

El incremento del potencial al agua calmada, es como sigue:

$$E_p(x, t) = pgh\eta + \frac{pg}{2} * \eta^2$$

La energía potencial promedio es:

$$E_p = \left(\frac{pg}{2}\right) * \overline{\eta^2(x, t)} = \left(\frac{pg}{2}\right) * |A|^2$$

A significa amplitud de la ola (metros):

Los mecanismos de celeridad de los átomos de agua concernientes a la ola se representan por ecuaciones que calculan la energía cinética de las partículas de

agua que están la ola. Además, si se integra desde $z=-\infty$ a $z=0$ (Mellor y Xin Huang, 1997).

$$v_x = \frac{\pi H}{T} e^{kz} \cos(kx - \omega t)$$

$$v_z = \frac{\pi H}{T} e^{kz} \sin(kx - \omega t)$$

$$E_C = \frac{1}{2} \rho (v_x^2 + v_z^2) = \frac{\rho}{2} \omega^2 |A|^2 e^{2kz}$$

$$E_C = \frac{\rho}{2} \omega^2 |A|^2 \int_{-\infty}^0 e^{2kz} dz = \frac{\rho g}{4} * |A|^2$$

v_x y v_z son las velocidades medias en m/s.

Al sumarse, se tiene:

$$E_T = \overline{E_C} + \overline{E_p} = \frac{\rho g H^2}{8}$$

Se relaciona la longitud de la ola con la fluctuación:

$$L = \frac{g T^2}{2\pi}$$

“La transferencia de energía en las olas se llama: “flujo energético”. Cuando hablamos de olas magnitud pequeña y amplitud pequeña para aguas profundas, hablamos que poseen energía por unidad de longitud de onda” (Mellor y Xin Huang, 1997).

$$P = E \left(\frac{c}{2} \right) = E \left(\frac{L}{2L} \right) = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} = H^2 T \left(\frac{kW}{m} \right)$$

Para una ola que no sea regular, cuya altura H es 2 mm, y su periodo T de 10 seg., representada como sigue:

$$P = 0.5 H_s^2 * T_z \left(\frac{kW}{m} \right)$$

“Donde H_s representa el ancho de banda significativa de la ola y T_z representa el intervalo de tiempo o periodo promedio entre cotas máximas sucesivas. Usamos

esta expresión matemática para no sobrestimar la energía potencial generada por la ola, pues, generalmente son de magnitudes irregulares en el océano abierto”. (Truhlar, 1972).

“La transferencia de la energía de las olas vertical en la dirección “x” es igual al promedio temporal de la presión hidrodinámica por la velocidad”(PWC, 2017).

$$I = \frac{kp g^2}{2w} * |A|^2 * e^{2kz}$$

Completamos “I” desde $z=-h$ hasta $z=0$ para hallar la potencia:

$$J = \int_{-h}^0 \frac{kp g^2}{2w} * |A|^2 * e^{2kz} dz = \frac{kp g^2}{2w} * |A|^2 * (1 - e^{-2kh})$$

En aguas hondas, el producto de “k.h” es $\gg 1$:

$$J = \frac{kp g^2}{2w} * |A|^2 kW/m$$

H viene a ser la altura de la ola, es decir el doble de amplio con una periodicidad transitoria “w”.

$$P = \frac{p g^2}{64\pi} * TH^2 \frac{kW}{m}$$

“El transporte de energía “J” (Energía por unidad) se relaciona con la energía total acumulada “E” (Energía por unidad horizontal de área) define la velocidad de transporte v_E ” (Huertas *et al.*, 2013).

$$J = v_E * E$$

Se expresa el coeficiente entre J y E, de la siguiente manera:

$$v_E = \frac{J}{E} = \frac{g}{2w} = v_g$$

“Por todo lo dicho al respecto, la velocidad de transporte de energía de una onda plana y armónica en aguas profundas es equivalente a la velocidad de grupo” (Tauro *et al.*, 2021).

1.1.4 Aspectos genéricos sobre la tecnología del aprovechamiento de las corrientes marinas

Acreditado y medido el potencial energético del mar, es necesario generar y canalizar dicha energía hasta una central eléctrica, para esto se debe de elegir el método, instrumentación y equipos más óptimos para la transformación de la energía (Villegas, 2019).

La energía puede cuantificarse mediante las ecuaciones hidrodinámicas marinas y canalizadas por métodos estadísticos, así se tiene que, para aguas profundas la velocidad de la ola está en función a la longitud de onda y la frecuencia de propagación, siendo proporcional al cuadrado de su amplitud (Mellor y Xin Huang, 1997).

$$E_T = \overline{E_c} + \overline{E_p} = \frac{\rho g H^2}{8}$$

La ola inicia con una amplitud definitiva, y en su transitar conforme se acerca a la costa va perdiendo su altura. Para conseguir ello, es necesario disponer o diseñar un mecanismo apropiado en donde se aproveche esta pérdida de energía mediante la transferencia de energía y un almacenador de la misma (Mellor y Xin Huang, 1997).

La superficie del mar es muy variable en las amplitudes de olas, las cuales van desde un mínimo valor, hasta uno máximo, por lo que el diseño de equipamiento debe tomar en cuenta la máxima potencia que genera el mar, con el fin de no dañar la estructura y/o generadores de energía. Esta forma de tecnología tiene que ser ubicada en una zona estratégica para que su diseño supere a las condiciones agrestes de la zona donde se proyecta la construcción de la planta Undimotriz, así como las condiciones climatológicas de la zona.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes nacionales

Neira y Roque (2020), en su tesis cuyo objetivo general es diseñar el modelo WAV estar con el fin de mejorar el suministro de energía eléctrica en dicha playa. La metodología empleada fue descriptiva – transversal – aplicada, haciendo uso

de una encuesta a la población del lugar para conocer su percepción sobre el modelo propuesto, por medio del análisis del comportamiento de su oleaje y tomando en cuenta la altura y el período de la ola. Resultado: El 80% de la población acepta esta fuente de energía renovable, evidenciándose que el flujo de energía y la energía total zona son adecuados ya que la altura de las olas de dicha playa tiene un buen oscilamiento, generando el modelo propuesto 30 kW por boya. Se concluye que la energía undimotriz puede generar energía eléctrica.

Escajadillo (2018) en su tesis con el objetivo general a ser usado en los litorales, cerca de redes de servicio eléctrico. La metodología empleada fue descriptiva – transversal – aplicada. Resultado: Minimizar costes de instalación de generación de electricidad por alternativa sostenible, minimizando el consumo de fósiles para tal fin. Se concluye que, es factible generar energía eléctrica a partir de las olas y aumentar los beneficios sobre la manera convencional de obtener energía. (Escajadillo, 2018)

Jaramillo (2019), en su tesis cuyo objetivo general es diseñar un sistema de generación undimotriz para cubrir la demanda de energía en la zona. La metodología empleada fue no experimental – prospectivo - transversal. Resultado: Se presentaron análisis multivalentes de datos hidrofísicos para el diseño del sistema de generación undimotriz, y se propuso una posible geolocalización del sistema de generación undimotriz. Se concluye que, la potencia de la central de generación undimotriz será de 110 kW de tal forma que pueda cumplir con la máxima demanda y potencia instalada del astillero que es de 86 Kw.

1.2.2 Antecedentes Internacionales

Pire (2018) en su investigación cuyo objetivo general es producir la mayor cantidad de electricidad posible al menor coste posible, de forma respetuosa con el medio ambiente, y de un modo fiable. La metodología empleada fue aplicada: método de capturar energía varía de un dispositivo a otro, con la excepción de la generación eléctrica directa, el método general producir energía eléctrica es por medio de generadores eléctricos rotatorios de alta velocidad convencionales. Resultado: Los resultados obtenidos en profundidades indefinidas van disminuyendo a medida que el calado disminuye, aunque en algunas áreas se producen concentraciones locales motivadas por la configuración de la costa y de

la batimetría. Se concluye que la mayor parte de la energía proviene de olas con altura significativa de entre 2 y 5 metros, y períodos de energía de entre 11 y 13 segundos. Ello es importante con respecto a la selección, el diseño de los convertidores de energía undimotriz para esta área.

Perdomo *et al.* (2018), en su investigación cuyo objetivo general es analizar si es posible generar energía eléctrica gracias a las olas en la costa de dicho país. La metodología empleada fue descriptiva – transversal – aplicada. Resultado: Se busca reducir el costo y consumo de Diesel o gasolina como lo vienen haciendo en la actualidad aparte que esta realidad incrementa la contaminación ambiental, al utilizar generación de energía no convencional que permita a la comunidad de la zona contar con electricidad las 24 horas diarias. Se concluye que la generación de electricidad por energía undimotriz aprovecha el tiempo y amplitud del aspecto cinético y potencia de las olas para que se produzca energía y contribuir con el equilibrio ambiental.

García (2019) en su tesis, cuyo objetivo general es ubicar las zonas con mayor potencial undimotriz en México e identificar las necesidades para implementar sistemas que aprovechen la energía del oleaje, ubicando a la par los principales impactos ambientales, sociales y tecnológicos involucrados para su implementación en los distintos procesos de conversión. La metodología empleada fue experimental – método de los valores picos según el valor más elevado reportado anualmente. Resultado: se tienen la parte teórica y práctica del aprovechamiento y diligencia de la energía undimotriz en la costa. Se concluye que se puede obtener una opción factible de generación de energía constante, sin hacer uso del petróleo.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El problema existente hallado en la zona es que, a diferencia de zonas como Lima, Arequipa, Trujillo, etc., por estar alejadas de la capital o no le toman mucha importancia, muchas veces el gobierno y demás entes o actores competentes, no invierten en la generación de energía de manera no convencional, para, no sólo ahorrar recursos sino para fomentar nuevas formas de generación de energía y llegar con el servicio eléctrico, a más comunidades. Así se tienen los siguientes problemas:

- Insuficiente energía de origen solar.
- Hasta la fecha no se cuenta con servicios de energía eléctrica.
- Desconocimiento y desaprovechamiento del potencial energético de manera poco convencional, de la energía del oleaje del lago Titicaca en la isla Amantaní.
- Prever la falta de energía eléctrica de energía convencional por otros medios de energía no convencional, en caso de avería, para reemplazar la escasez eléctrica.
- La matriz de la energía del Perú, se basa en los fósiles (petróleo y gas).

2.2 Enunciados del problema

La presente investigación surge a partir de preguntas como:

- ¿Cuál es el potencial energético disponible no convencional, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantaní?

- ¿Es posible una propuesta técnica de aprovechamiento y transformación, óptima del potencial energético no convencional, de la energía de las olas del lago Titicaca en energía eléctrica en la isla Amantaní?
- ¿Existirá en Amantaní condiciones favorables para el desarrollo de la energía de las olas del lago?

2.3 Justificación

La presente investigación se justifica en varios aspectos siendo uno de ellos que urge hacer estudios de factibilidad de esta naturaleza y para este propósito. Hay datos de muchas organizaciones tanto en el ámbito, local, nacional como internacional que establecen la velocidad del viento sin haberse tabulado y procesado dicha información en el SPSS para conocer si estas nuevas formas de energías renovables y su utilidad, son factibles en la zona estudiada.

- a) Justificación científica:** El estudio tiene una importante injerencia científica determinándose un parámetro poco investigado: el potencial energético de las energías renovables de la energía de las olas del lago Titicaca, sabiendo que en plena era del conocimiento, no se han hecho mayores estudios sobre la generación de energía eléctrica de manera no convencional y es necesario revertir ese panorama de falta de investigaciones al respecto, teniendo en cuenta que los recursos pueden ser no renovables o la forma convencional que se viene dando, puede sufrir averías y por ello se debe implementar otras formas de generar energía y sobre todo cuidando el medio ambiente.
- b) Justificación tecnológica:** El estudio tiene una importante injerencia tecnológica pues se implementará una base de datos y un modelamiento matemático en software que permitirá manipular datos de tal manera que se pueda proyectar el potencial energético a mediano y largo plazo. Así también se construirán modelos y casos aproximados de producción de energía eléctrica para posteriores investigaciones en este campo.
- c) Justificación económica:** Se destaca la ejecución de sistemas energéticos de las olas del lago, las autoridades competentes virarán su propósito en este tipo de generación de energía no convencional e invertirán no sólo tiempos sino también recursos económicos para hacer posibles obras como ésta que a mediano o largo plazo contribuirá a mejorar en costo beneficio en relación a las actuales formas de

generación de electricidad. Además, que se fomentará la mano de obra la cual se capacitará en estas nuevas formas de generación. Además, se propicia la iniciación de la importación de la energía de las olas del lago los cuales servir de base para otras áreas, además que los ingenieros y demás profesional invertirá su tiempo y dinero en cursos de capacitación para adentrarse a estas nuevas tecnologías, pero será una inversión realmente necesaria y provechosa.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Estimar y cuantificar el potencial energético disponible no convencional, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantaní.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el potencial disponible de la energía de las olas del Titicaca, en la isla Amantaní.
- Proponer una propuesta técnica de aprovechamiento y transformación óptima del potencial energético no convencional, de la energía del oleaje del lago en energía eléctrica en la isla Amantaní.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Existe el potencial energético no convencional suficiente, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantaní.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Existe el potencial mínimo suficiente disponible de energía de las olas del lago.
- Mediante la propuesta técnica probaremos que la potencia de las energías renovables de las olas del lago.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El lugar donde se realizó la investigación y la georreferencia fue en la Isla Amantani, ubicada en el Lago Titicaca, al norte de la Isla de Taquile, en el departamento de Puno (Perú), con una altitud de 3,830 m.s.n.m.



Figura 7. Lugar de estudio

Se ubica a $15^{\circ}39'7''$ de latitud por el sur y $69^{\circ}43'05''$ de longitud oeste. Su altitud más alta es de 4,145 m.s.n.m.

Dicha isla tiene un área de 9.5Km². La forma que presenta a la vista del espacio es circular, y de uno de los perfiles se asemeja a la silueta de un batracio (Navarro, 2011).

La importancia de la zona de estudio se basa en que, según la teoría fluvial, las aguas dulces que configuran el lago Titicaca probablemente fueron originados por una inmensa corriente de agua producto de un río caudaloso que corría por la zona. De igual manera, se busca analizar y proponer el aprovechamiento del potencial energético no convencional, de la energía de las olas del lago Titicaca, en la Isla Amantaní – Puno, ya que dicho lugar de estudio no cuenta con mayor abastecimiento de energía eléctrica, sino que se abastece en gran medida por paneles solares y un generador que se usa sólo para casos de emergencia, por lo cual urge que cada actor en hacer posible esta investigación integre los circuitos potenciales energéticos no convencionales para aprovechar el recurso hídrico de las olas de este lago.

3.2 Población

Para esta investigación se tuvo como muestra poblacional al Lago Titicaca en la isla Amantaní, el tipo de muestreo fue sistemático. La muestra extraída tiene un nivel de confianza de 95%, lo cual es correcto ya que el margen de error es de 5%.

3.3 Muestra

Al determinarse valores relativos de fenómenos y la muestra es la totalidad de mediciones que se tomarán en 12 meses.

3.4 Método de investigación

La presente tesis utiliza los siguientes métodos: cuantitativa, no-experimental, Prospectiva-Transversal.

- **No-Experimental**, ya que se observan fenómenos sin que sean manipulados.
- **Prospectivo**, ya que busca predecir un escenario.
- **Transversal**, ya que toma los datos en un tiempo dado.

3.4.1 Materiales

- **Boya**: aprovecha el movimiento de las olas.

- Contraboya: depósito inmerso que se beneficia del efecto Arquímedes.
- Kit de microcontroladores.
- Kit de accesorios para instalación.
- Sensor de temperatura ambiente.

3.4.2 Descripción de variables

- Variables dependientes
 - Potencia eléctrica.
 - Eficiencia energética.
- Variables independientes
 - Profundidad.
 - Velocidad propia del viento
 - Altura de la ola.
 - Amplitud de la ola.
- Variable interviniente
 - Software de modelamiento matemático.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Descripción para el objetivo específico 1

Para determinar el potencial disponible de la energía de las olas del Titicaca, en la isla Amantaní, se realizaron los siguientes procedimientos:

a. Descripción de las variables analizadas

Las variables en estudio fueron la variable dependiente: potencia eléctrica y las variables independientes: condición geográfica y climática (profundidad, velocidad de viento, altura de la ola, amplitud de la ola y temperatura).

Ambas variables pertenecen al nivel de medición: escalas (continuos) ya que los valores de ambas variables pueden ser medidos en intervalos y uno, es mayor que el otro. También pueden llamarse cuantitativas ya que sus datos son numéricos, es decir se pueden contar y sumar.

b. Descripción de materiales, equipos, instrumentos

- Boya: aprovecha el movimiento de las olas.
- Contraboya: depósito inmerso que se beneficia del efecto Arquímedes.
- Kit de microcontroladores.
- Kit de accesorios para instalación.
- Sensor de temperatura ambiente.

c. Prueba estadístico inferencial

Para testificar las hipótesis planteadas, se tuvo un nivel de significancia del 5%.

3.5.2 Descripción para el objetivo específico 2

Para proponer una propuesta técnica aprovechando el potencial energético no convencional, de las olas del lago en energía eléctrica en la isla Amantaní, se realizaron los siguientes procedimientos:

a. Descripción de las variables analizadas

Las variables en estudio fueron la variable dependiente: eficiencia energética y las variables independientes: propuesta técnica de aprovechamiento y transformación del potencial energético no convencional.

Ambas variables pertenecen al nivel de medición: escalas (continuos) ya que los valores de ambas variables pueden ser medidos en intervalos y uno, es mayor que el otro. También pueden llamarse cuantitativas ya que sus datos son numéricos, es decir se pueden contar y sumar.

b. Descripción de materiales, equipos, instrumentos

- Selección de la turbina.

- Dique de abrigo.
- Selección de la cámara.
- Selección de la compuerta.
- Válvula de mariposa.
- Edificio de la Minicentral.
- Generador.
- Sistema de regulación del turbogenerador.
- Caseta prefabricada.
- Sistemas auxiliares, de información y seguridad.

c. Prueba estadístico inferencial

Para testificar las hipótesis planteadas, se tuvo un nivel de significancia del 5%.

Tabla 1
Operacionalización de variables

| Variables | Indicadores | Índices |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|
| Independientes: | Profundidad | m |
| Condición geográfica y climática | Velocidad de viento | Km/h, m/s |
| | Altura de la ola | m. |
| | Amplitud de la ola | m |
| | Temperatura | (°C) |
| Dependiente: | Potencia eléctrica | KW, MW, GW |
| | Eficiencia energética | % |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cálculo de la Máxima Demanda de energía eléctrica del distrito de Amantani

El estudio de demanda busca medirla según la potencia y energía eléctrica de la zona estudiada, para proyectarse en 20 años.

4.1.1 Proyección de crecimiento poblacional

Para obtener la población futura se aplica el método de crecimiento geométrico al último dato poblacional de la ecuación (1) se tiene:

$$P_{f20} = P_0(1 + t_c)^n \quad (1)$$

Dónde:

P_{f20} = Población futura para 20 años.

P_0 = Población actual.

A = Tasa de crecimiento poblacional.

n = Tiempo de proyección 20 años.

4.1.2 Determinación de las tasas de crecimiento Poblacional

El control de crecimiento se basa en el crecimiento poblacional concerniente a los años 2007 y 2017.

Tabla 2

Tasa de crecimiento poblacional del distrito de Amantaní

| N° | Provincia | Distrito | 2007 (*) | 2017 (*) | Tc (%) 2007-2017 | Tc (%) Calculado | Tc (%) Considerado |
|----|-----------|----------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | Puno | Amantaní | 3663 | 4447 | 21 | 21 | 21 |

Fuente: (INEI) – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007 y 2017.

(*) Número de habitantes

Para determinar la urbe futura se calcula reemplazando en la ecuación (1) se obtiene:

$$P_{f20} = P_0(1 + t_c)^n = 201268 \text{ habitantes}$$

4.1.3 Pronostico del número de viviendas o usuarios

Se calculó la media de la relación población/número de viviendas, con un máximo de 5 habitantes por vivienda y mínimo de 2 personas, por consiguiente, el índice de habitantes por vivienda (IHV) para la isla Amantaní es:

$$N^{\circ}_{viviendas} = \frac{N^{\circ}_{hab.}}{N^{\circ}_{Personas}} \quad (2)$$

Dónde:

N° viviendas = Número de viviendas o usuarios.

N° hab. = Número de habitantes.

N° personas = Número de personas.

Para determinar el número de viviendas o usuarios se calcula reemplazando en la ecuación (2) se obtiene:

$$N^{\circ}_{viviendas} = \frac{N^{\circ}_{hab.}}{N^{\circ}_{Personas}} = 40254 \quad \text{Viviendas o usuarios (2)}$$

4.1.4 Descripción de la demanda eléctrica

Para esto, se encuestó a los pobladores con una muestra de las 10 viviendas o usuarios, las cargas a ser tomadas en cuenta para la isla Amantaní es: Ver Anexo 5.

Tabla 3
Cálculo de la Potencia Instalada y de la Máxima Demanda

| N° | Descripción de la carga | N° de unidades | Consumo unitario W | Sub Total W | Horas de uso diario | Consumo total diario |
|----|----------------------------------|----------------|--------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Alumbrado interior | 3 | 11 | 33 | 3 | 99 |
| 2 | Alumbrado exterior | 1 | 11 | 11 | 1 | 11 |
| 3 | Televisor | 1 | 40 | 40 | 3 | 120 |
| 4 | Computadora | 1 | 50 | 50 | 2 | 100 |
| 5 | (Laptops) | 1 | 20 | 20 | 2 | 40 |
| 6 | Radio | 1 | 100 | 10 | 10 | 1000 |
| 7 | Refrigerador | 1 | 20 | 1 | 1 | 20 |
| | Otros pequeños electrodomésticos | | | | | |
| | | | | | | 1390.00 |
| | | | | | | Wh/día |

Para determinar la demanda eléctrica se obtiene de la tabla 3 y se calcula.

$$E = \frac{1390Wh}{día} = 1390 * 30 \text{ KWh/mes} = 41.7 \text{ KWh/mes - usuario}$$

Ahora se calcula la demanda total de energía para los 40254 usuarios y se tiene:

$$E_T = 41.7 * 40254 \text{ KWh/mes} = 1678591.8 \text{ KWh/mes - usuario}$$

4.2 Determinar el potencial disponible de la energía de las olas del Lago Titicaca, en la isla Amantaní

A partir del análisis de la trayectoria del viento y su velocidad (m/s) promedio de las olas del lago Titicaca, en la isla Amantaní – Puno, se determina el potencial disponible de la energía de dichas olas. Se recopiló la información de la referida isla.

4.2.1 Parámetro del viento para cálculo del potencial disponible de la energía de las olas del Titicaca, en la isla Amantaní

Según la altura y tiempo medio de las olas del año 2021 se determina el flujo energético de las olas de lago de acuerdo a los siguientes conceptos fundamentales.

Clasificación del oleaje

Existen diversas formas de definir el oleaje según las características que presente. Un ejemplo sería la clasificación general siguiente donde se destacan dos grandes grupos (Villegas, 2019).

Según periodo de duración

Olas de periodo largo (5 min a 24 h). Engloban a las mareas, Tsunamis causadas por terremotos y tormentas.

Olas de gravedad, (1 seg a 30 seg). Engloban a las olas cuya fuerza se basa en la gravedad, desencadenando en movimiento orbital de los átomos de agua.

Olas capilares, (menos de 0,1 seg). Transfieren energía del aire al agua formando corrientes superficiales.

Tipos de olas según la fuerza perturbadora, restauradora y su periodicidad.

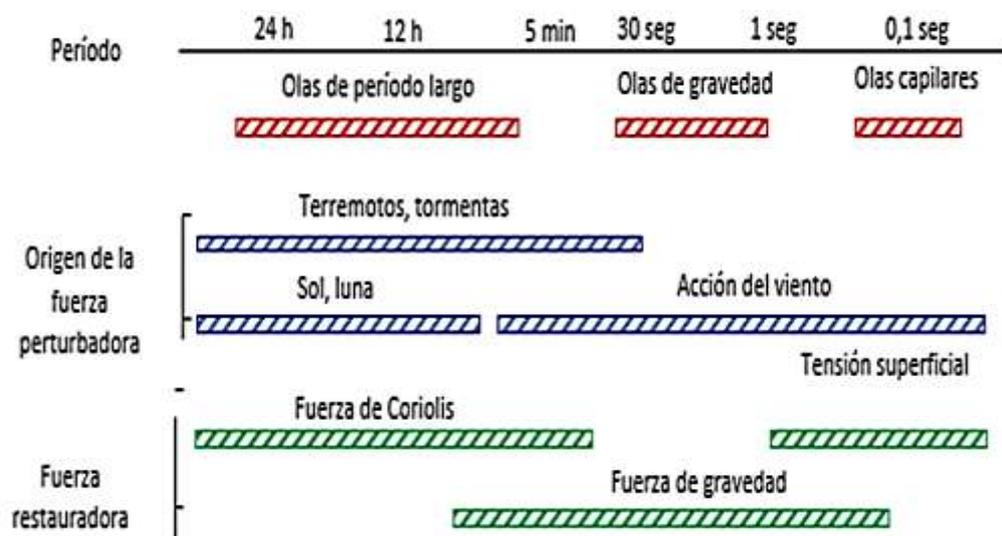


Figura 8. Clasificación de oleaje según periodo de duración.
Fuente: (Neira y Roque, 2020)

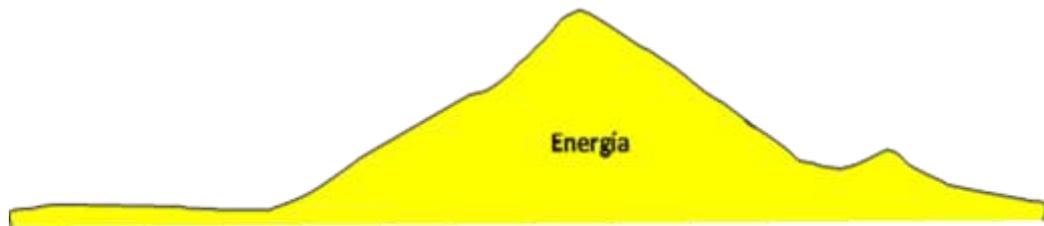


Figura 9. Representación de los tipos de olas del océano.

Fuente: (Neira y Roque, 2020).

Se observa que la mayoría de la energía disponible está en las olas que oscilan de 5 minutos y 30 segundos u olas de gravedad.

Tabla 4
Relaciones superficie – profundidad y volumen – profundidad.

| Lago Mayor y Bahía de Puno | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|----------|----------------------------|----------|
| Profundidad en m | Superficie en agua | | Volumen | |
| | Km2 | % | M3 x 10⁹ | % |
| 0 | | | | |
| 20 | 6493 | 100 | 124.5 | 14.1 |
| 50 | 5407 | 76.3 | 153.3 | 17.4 |
| 100 | 4816 | 68 | 217.2 | 24.6 |
| 150 | 3886 | 54.8 | 180.3 | 20.4 |
| 200 | 3332 | 47 | 130.5 | 14.8 |
| 250 | 1948 | 27.5 | 66.6 | 7.5 |
| 284 | 800 | 11.3 | 11.1 | 1.2 |
| | | | 883.5 | 100 |
| Bahía de Puno | | | | |
| 0 | | | 1.95 | |
| 5 | 588 | 100 | 0.91 | 40.3 |
| 10 | 221 | 37.6 | 1.09 | 18.8 |
| 20 | 146 | 24.8 | 0.89 | 22.5 |
| 50 | 75 | 12.8 | 0.002 | 18.4 |
| 52 | 2 | 0.3 | | |
| | | | 4.84 | 100 |
| Lago Menor | | | | |
| 0 | | | | |
| 5 | 1367 | 100 | 5.27 | 42.7 |
| 10 | 768 | 56.2 | 2.97 | 24.0 |
| 20 | 434 | 31.7 | 2.90 | 23.5 |
| 30 | 167 | 12.2 | 0.98 | 7.9 |
| 40 | 44 | 3.2 | 0.20 | 1.6 |
| 42 | 4 | 0.3 | 0.04 | 0.3 |
| | | | 12.36 | 100 |

Fuente: (Boulangue y Aquize, 1981).



Figura 10. Olas y profundidades del Lago Titicaca.
Fuente: (Neira y Roque, 2020).

Tabla 5
Velocidad Media de viento por mes del año 2021.

| Mes | Velocidad de viento (m/s) |
|-----------|---------------------------|
| Enero | 3,30 |
| Febrero | 3,52 |
| Marzo | 3,40 |
| Abril | 2,42 |
| Mayo | 2,64 |
| Junio | 2,53 |
| Julio | 2,71 |
| Agosto | 2,92 |
| Setiembre | 3,81 |
| Octubre | 3,84 |
| Noviembre | 3,11 |
| Diciembre | 3,26 |

Tabla 6
Velocidad de viento promedio del año 2021.

| | | Año | Mes | Día | Hora | Dirección del viento | Velocidad de viento |
|-------------|-----------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| N | Válido | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1088 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | Media | | 6,53 | 15,72 | 13,00 | | 3,05 |
| | Error estándar de la media | | ,104 | ,266 | ,148 | | ,076 |
| | Mediana | | 7,00 | 16,00 | 13,00 | | 2,00 |
| | Moda | | 1 ^a | 1 ^a | 7 ^a | | 2 |
| | Desviación estándar | | 3,449 | 8,800 | 4,901 | | 2,514 |
| | Varianza | | 11,899 | 77,445 | 24,022 | | 6,320 |
| | Asimetría | | -,010 | ,008 | ,000 | | ,563 |
| | Error estándar de asimetría | | ,074 | ,074 | ,074 | | ,074 |
| | Curtosis | | -1,207 | -1,193 | -1,501 | | -,224 |
| | Error estándar de curtosis | | ,148 | ,148 | ,148 | | ,148 |
| | Rango | | 11 | 30 | 12 | | 14 |
| | Mínimo | | 1 | 1 | 7 | | 0 |
| | Máximo | | 12 | 31 | 19 | | 14 |
| | Suma | | 7146 | 17214 | 14235 | | 3321 |
| Percentiles | 25 | | 4,00 | 8,00 | 7,00 | | 2,00 |
| | 50 | | 7,00 | 16,00 | 13,00 | | 2,00 |
| | 75 | | 10,00 | 23,00 | 19,00 | | 4,00 |

En la Tabla 6 se muestra la velocidad de viento (m/s) aplicándose la ecuación correspondiente, según los datos de base el viento, y la velocidad de viento (m/s) promedio: 3,05

Tabla 7

Velocidad de viento promedio, mínimo, máximo y dirección del viento.

| Velocidad de viento promedio, mínimo, máximo y direccionabilidad del viento | |
|---|------|
| Promedio día | 16 |
| Promedio hora | 13 |
| Promedio dirección del viento | NW |
| Promedio de la velocidad del viento (m/s) | 3.05 |
| Velocidad de viento máximo (m/s) | 14 |
| Velocidad de viento mínimo (m/s) | 0 |

A. El parámetro que identifican en el año 2021 son:

Longitud de onda (λ)

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (3)$$

Tabla 8

Longitud de onda año 2021.

| Mes | Período de olas (T) – Año 2021 | Longitud (λ) m |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Enero | 8 | 99,92 |
| Febrero | 9 | 126,47 |
| Marzo | 8 | 99,92 |
| Abril | 7 | 76,50 |
| Mayo | 7 | 76,50 |
| Junio | 8 | 99,92 |
| Julio | 8 | 99,92 |
| Agosto | 8 | 99,92 |
| Setiembre | 9 | 126,47 |
| Octubre | 8 | 99,92 |
| Noviembre | 8 | 99,92 |
| Diciembre | 8 | 99,92 |

En la Tabla 8 se muestra el largo de onda según la Ec. 3, según la base el tiempo, cuya onda media es 100,45 m.

Velocidad de traslación (C):

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

Tabla 9
Velocidad de traslación año 2021.

| Mes | Longitud (λ)m | Período de olas (T) – Año 2021 s | Celeridad de la ola (C) m/s |
|-----------|-------------------------|--|-----------------------------------|
| Enero | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Febrero | 126,47 | 9 | 14,05 |
| Marzo | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Abril | 76,50 | 7 | 10,93 |
| Mayo | 76,50 | 7 | 10,93 |
| Junio | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Julio | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Agosto | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Setiembre | 126,47 | 9 | 14,05 |
| Octubre | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Noviembre | 99,92 | 8 | 12,49 |
| Diciembre | 99,92 | 8 | 12,49 |

En la tabla 9 se muestra la velocidad de traslación al aplicarse la Ec. 4, según la longitud y la base de datos, con una velocidad media de 12,50 m/s.

Celeridad del grupo (Cg):

$$C_g = \frac{c}{2} \quad (5)$$

Tabla 10
Celeridad del grupo año 2021.

| Mes | Celeridad de ola (C) m/s | Celeridad de grupo (Cg) m/s |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Enero | 12,49 | 6,25 |
| Febrero | 14,05 | 7,03 |
| Marzo | 12,49 | 6,25 |
| Abril | 10,93 | 5,47 |
| Mayo | 10,93 | 5,47 |
| Junio | 12,49 | 6,25 |
| Julio | 12,49 | 6,25 |
| Agosto | 12,49 | 6,25 |
| Setiembre | 14,05 | 7,03 |
| Octubre | 12,49 | 6,25 |
| Noviembre | 12,49 | 6,25 |
| Diciembre | 12,49 | 6,25 |

En la tabla 10 se muestra la celeridad de grupo según la Ec. 5, siendo la media de 6,25 m/s.

Fuente de energía (Kw/m):

$$\frac{p * g * H^2}{8} + C_g \quad (6)$$

Tabla 11
Flujo de energía año 2021.

| Mes | Nivel de Ola (H) – Año 2021 m | Período de olas (T) – Año 2021 s | Celeridad de la ola (C) m/s |
|-----------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Enero | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Febrero | 1,2 | 7,03 | 12,42 |
| Marzo | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Abril | 0,8 | 5,47 | 4,29 |
| Mayo | 0,8 | 5,47 | 4,29 |
| Junio | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Julio | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Agosto | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Setiembre | 1,2 | 7,03 | 12,42 |
| Octubre | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Noviembre | 1,0 | 6,25 | 7,65 |
| Diciembre | 1,0 | 6,25 | 7,65 |

En la tabla 11 se observan el flujo de energía según la Ec. 6, siendo su media: 7,89 kW/m.

Energía total (Kj/m²):

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad (7)$$

Tabla 12
Energía total año 2021.

| Mes | Nivel de Ola (H) – Año 2021 m | Longitud (λ) m | Energía total kJ/m ² |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Enero | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Febrero | 1,2 | 126,47 | 893,29 |
| Marzo | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Abril | 0,8 | 76,50 | 240,15 |
| Mayo | 0,8 | 76,50 | 240,15 |
| Junio | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Julio | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Agosto | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Setiembre | 1,2 | 126,47 | 893,29 |
| Octubre | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Noviembre | 1,0 | 99,92 | 490,11 |
| Diciembre | 1,0 | 99,92 | 490,11 |

En la tabla 12 se muestra los datos energéticos en su totalidad según la Ec. 7, siendo la media total de 515,65 kJ/ m2.

Tabla 13
Resumen de los cálculos realizados.

| Mes | Longitud (λ) m | Celeridad de la ola (C) m/s | Celeridad del grupo (Cg) m/s | Flujo de energía kW/m | Energía Total kJ/m2 |
|------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 2021 | 100,45 | 12,50 | 6,25 | 7,89 | 515,65 |

Se concluye que el Flujo energético de las olas es de 7,89 kW/m, estimándose en **7,0 kW/m.**

4.3 Propuesta, características físicas, técnicas y funcionales de los diversos componentes del sistema de generación eléctrica, para aprovechar y transformar, en forma eficiente y creciente, el potencial energético no convencional, de la energía de las olas del lago en energía eléctrica en la isla Amantani

4.3.1 Determinación de la Potencia de la Central de Generación de las Olas de Lago Titicaca

Dicha potencia será de 1 turbina de 55 kw, para cumplir la mayor demanda y potencia instalada en dicha isla que es de 41,7 Kw, con una turbina de 86,7% y un Generador 97%, de eficiencia respectivamente.

4.3.2 Características del sistema de generación de las Olas de Lago Titicaca

La tecnología seleccionada es la Columna Oscilante de Agua (OWC) para aprovechar las olas o energía Undimotriz.

4.3.2.1 Criterios de selección de OWC

Se utilizó la tecnología columna de agua oscilante (OWC), como sigue:

a. Según la ubicación

Aparato OWC en costa; es decir, conectores sujetos a zonas con rocas, constituidos en estructuras estables como diques. Este dispositivo también se conoce como dispositivo de primera generación (Amundarain, 2012).

Los dispositivos OWC presentan ventajas importantes en términos de mayor supervivencia y menos distancia a costa para el transporte e integración de la energía producida (Jaramillo, 2019).

b. Según la orientación

La tecnología OWC son dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola (Jaramillo, 2019).

c. Según la extracción de energía

La tecnología OWC permite una mejor extracción, por el movimiento de las olas, se comprime y descomprime aire de sus cámaras (Jaramillo, 2019).

d. Según el principio de captación

La tecnología de columna de agua oscilante; mediante una cámara semi sumergida abierta por la parte inferior, el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno (Jaramillo, 2019).

4.3.3 Selección de la turbina

La turbina Wells ha sido fabricada para aplicarse en aparatos OWC, según el presente proyecto, a fin de que absorba la energía propulsora neumática de una columna de agua pendular. Se seleccionó una Turbina, con una potencia de 55 kW.

Especificaciones turbina seleccionada:

La turbina elegida para este fin es de tipo Wells ya que su diseño es sencillo. Está montada en el mismo eje el grupo generador.

Dado que esta turbina no es muy común, el nivel de personalización y adaptación es muy alto.

Tabla 14
Características de la turbina.

| Características | |
|--|--|
| Potencia nominal | 55 kW |
| Tipos | Paso fijo |
| Altura | 2,83 m |
| Ancho máximo | 1,25 m |
| Peso total | 1200 Kg |
| Eficiencia | 86,7 % |
| N° rotores | 2 |
| Alabes simétricos | 5 |
| Volante de inercia | Incorporado |
| Atenuador de sonido | Acoplado (parte final) |
| Inyectores de agua dulce para asear los alabes | Sí |
| Velocidad de giro | Limitada entre 1000 rpm – 5000 rpm (por protección) |
| Turbina de eje vertical | Acoplamiento con el generador |

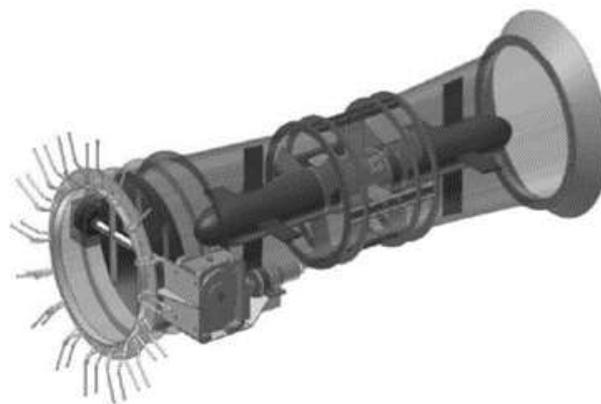


Figura 11. Turbina Wells.
Fuente: (Neira y Roque, 2020).

Para preservar a la turbina contra el contacto con la arena y el óxido, no entrará al agua directamente y más bien, estará protegido con silicona.

4.3.4 Dique de abrigo

Para la mini central undimotriz se construirá un dique hasta donde permitiera el calado, para colocar las cámaras verticales delante de la ola y aumentar su rendimiento. Valoraciones:

- Profundidad del área a instalarse
- Longitud inicial estimada para el dique
- Cota de la base del dique actualmente
- Dirección de ola con mayor frecuencia

4.3.5 Selección de la cámara

La cámara está abierta en la base, ya que por ahí entrará el agua, originando una transición en el eje vertical del área libre creando un flujo de dos direcciones.

Características:

- Longitud cámara 12 m
- Altura del área libre 5,40 m
- Altura del área libre en BMVE 3 m
- Área superficie libre 14 m²
- Ancho cámara 4,50 m
- Área de la boca 12 m²
- Diámetro abertura turbina 1 m
- 2 cámaras
- En la boca se colocará una salida para cuando se realice su mantenimiento respectivo, en material hormigón, para evitar que ingrese material y flote.

4.3.6 Selección de la compuerta

Para evitar posibles sedimentos en la base, se instalará una evacuación en cada una de las 2 cámaras instaladas.

Características:

- Compuerta de acero inoxidable.
- Será de 3,10 m. de ancho por 3,20 m. de altura.
- Ubicada sobre guías metálicas.
- Serán controladas por un servomotor desde la central.

4.3.7 Válvula de mariposa

Como medida de cierre que brinde seguridad se instalará en la base de la turbina una válvula de mariposa para aislar la filmadora de la turbina.

Características:

- Diámetro: 1000 mm
- Acero inoxidable
- Presión: 10 bares
- Accionamiento: 300 kgm
- Cierre eléctrico
- Cierre automático: 5 segundos.
- Cierre: 12 bares
- Cuerpo: 15 bares

4.3.8 Edificio de la Minicentral

Éste estará conformado por módulos prefabricados de chapa de acero inoxidable para evitar la corrosión.

Características:

- Planta de 10 m. x 4 m. x 3 m.
- Contiene turbogenerador, medida y panel.
- Zona de techo desmontable.

4.3.9 Generador

La turbina Wells funciona con velocidades variables según el oleaje, como es el DFIG o generador de inducción doblemente alimentado. Aunque es un generador moderno, se busca que su uso crezca los sectores eólico y marino. (González *et al.*, 2017).

Características:

- Generador no síncrono
- Velocidad: 3000 RPM
- Potencia: 55 kW
- Tensión: 380 V
- Disposición vertical
- Frecuencia: 0 – 80 Hz
- Bobinado: Jaula de Ardilla
- Vida de utilidad: 100 000 horas
- Eficacia: 97%

4.3.10 Sistema de regulación del turbogenerador

Sistema OWC, consta de:

La cámara transmuta la energía.

La turbina Wells convierte dicha energía neumática en maquinaria.

El generador de inducción la cambia en energía eléctrica.

4.3.11 Caseta prefabricada

Se colocará una caseta mono bloque prefabricada.

4.3.11.1 Características:

- No deberá superar como máxima longitud los 4m.
- IP54 weatherproof.
- Deberá ajustarse a la estética.
- Modelo EHC-3 T1D marca Schneider.

Características:

- Extensión 3,760 mm.
- Ancho 2,500 mm.
- Alto 3,300 mm.
- Distancia interna 3,640 mm.
- Ancho interno 2,240 mm.
- Altura interna 2,535 mm.
- Peso en vacío 13 Tm.

4.3.12 Sistemas auxiliares, de información y seguridad

4.3.12.1 Sistema de control auxiliar, información y seguridad:

Para mayor control especificado del grupo turbogenerador controlado desde el panel de control y distribución, se implementará un tablero en la sala de la turbina, colgando un motor de la válvula de mariposa trifásico con tensión de 380 V y el freno a 220V. La válvula presenta una alimentación en 24 V de DC.

4.3.12.2 Alumbrado

Para el alumbrado interior se tendrá un sistema de iluminación óptimo y seguro de 150 lux, con un mínimo 10 puntos de luz en circuito separados, con focos que den mayor luminosidad con dos tubos fluorescentes de 36 W.

La instalación del alumbrado exterior constará de dos lámparas de vapor de sodio pegadas al edificio, protegido por tubos de PVC de 2 cm de diámetro.

Las características de las lámparas exteriores serán como sigue:

- Vapor de sodio
- Alimentación 220 V
- Potencia 250 W
- Tensión de cebado 200C - 198 V
- Arranque 1'7 A
- Tiempo para que prenda: 5 min.
- Flujo luminoso 6.000 lm.

4.3.12.3 Alumbrado de emergencia

Éste será similar al de locales altamente concurridos, con las siguientes características:

- Lámpara fluorescente 8 W
- Flujo luminoso 300 lm

4.3.12.4 Protección contra incendios

La Minicentral no dispondrá de una instalación general para la extinción de incendios, pero sí se colocarán 2 extintores en lados de la instalación, bajo iluminación de emergencia.

Los extintores se cargarán con dióxido de carbono a presión y pasarán por mantenimiento periódicamente, descargándose una vez al año.

Evaluación económica del proyecto

- Egresos
- A. Inversión

Tabla 15
Resumen de costo de instalación.

| Minicentral undimotriz | |
|-------------------------------------|--------------------|
| Rubro | Monto total (US\$) |
| Dique de abrigo | 27623 |
| Cámara de carga | 25580 |
| Compuerta y válvula de mariposa | 670 |
| Edificio | 14000 |
| Turbogenerador y sistema de control | 8000 |
| Sistemas auxiliares | 9911,3 |
| Tablero de baja | 23000 |
| Seguridad y salud en obra | 1500 |
| Total ejecución | 110284,3 |

El monto total de la inversión es de \$ 110284,3.

4.3.12.5 Inversión del sistema undimotriz

En comparación con el cuadro anterior, aquí se detallan los precios unitarios.

Tabla 16
Precios unitarios de costos de instalación.

| COD. | Descripción | Unidad | Cant. | Precio unitario US\$ | Precio total US\$ |
|--------------|--|----------------|----------|----------------------|-------------------|
| 1.01 | Dique de abrigo | | | | |
| 1.01 | Preparación zona de trabajo | m | 30 | 800 | 24000 |
| 1.02 | Dragado de fondo marino | m ³ | 50 | 23,2 | 1160 |
| 1.03 | Retirada de material en camiones | m ³ | 50 | 4,5 | 226 |
| 1.04 | Hormigón en masa para zapata | m ³ | 50 | 37,3 | 2238 |
| 2.00 | Cámara | | | | |
| 2.01 | Fabricación pieza prefabricada A | Und. | 16 | 220 | 3520 |
| 2.02 | Fabricación pieza prefabricada B | Und. | 44 | 200 | 8800 |
| 2.03 | Fabricación pieza prefabricada C | Und. | 8 | 210 | 1680 |
| 2.04 | Colocación piezas en su Disposición | Und. | 70 | 10 | 700 |
| 2.05 | Hormigón losa de base | m ³ | 220 | 8 | 1760 |
| 2.06 | Hormigón para fijación estructura | m ³ | 15 | 20 | 300 |
| 2.07 | Material de relleno de cámaras | m ³ | 600 | 2 | 1200 |
| 2.08 | Barras corrugadas de 20mm de diámetro | Und. | 13 | 300 | 3900 |
| 2.09 | Juntas y tubo | m | 50 | 2,4 | 120 |
| 2.10 | Malla de doble diámetro 5 | m ³ | 60 | 60 | 3600 |
| 3.00 | Compuerta y válvula de mariposa | | | | |
| 3.01 | Compuerta Seguridad 3.10x3,20m | Und. | 1 | 200 | 200 |
| 3.02 | Válvula de Mariposa | Und. | 1 | 320 | 320 |
| 3.03 | Sistema óleo hidráulico | Und. | 1 | 150 | 150 |
| 4.00 | Edificio | | | | |
| 4.01 | Módulo prefabricado de acero inoxidable con protección ante corrosión y techo extraíble | Und. | 1 | 8000 | 8000 |
| 4.02 | Acabado exterior del módulo prefabricado asemejándose a la estética de la zona costera | Und. | 1 | 4000 | 4000 |
| 4.03 | Acabado interior del módulo | Und. | 1 | 2000 | 2000 |
| 5.00 | Turbogenerador y sistema de control | | | | |
| 5.01 | Turbogenerador Wells de 55 kW de potencia. Consta de turbina Wells, acoplada a generador DFIG con sistema de regulación y de conversión AC/DC/AC | Und. | 1 | 8000 | 8000 |
| 6.00 | Sistemas auxiliares | | | | |
| 6.01 | Control auxiliar y tableros de control | Und. | 1 | 650,4 | 650,4 |
| 6.02 | Válvula de agua | Und. | 1 | 125,6 | 125,6 |
| 6.03 | Motor trifásico | Und. | 1 | 378,5 | 378,5 |
| 6.04 | Freno turbogenerador | Und. | 1 | 254,4 | 254,4 |
| 6.05 | Tubos Fluorescentes de 36W | Und. | 3 | 12,4 | 37,2 |
| 6.06 | Lámparas de Vapor de sodio Fluorescentes emergencia de 8W | Und. | 2 | 164,3 | 328,6 |
| 6.07 | Extintores | Und. | 2 | 90,4 | 180,8 |
| 6.08 | Batería de condensadores emergencia | Und. | 2 | 324,5 | 649 |
| 6.09 | Picas de cable descubierto de 50mm2 | Und. | 1 | 5568 | 5568 |
| 6.10 | de | Und. | 2 | 312,5 | 625 |
| 6.11 | sección y 2 m de longitud | m | 30 | 23,64 | 709,2 |
| 6.12 | Mallado electrosoldado | m ² | 20 | 20,23 | 404,6 |
| 7.00 | Tablero baja tensión | | | | |
| 7.01 | Caseta prefabricada | Und. | 1 | 8000 | 8000 |
| 7.04 | Celda tipo seccionador de baja tensión | Und. | 1 | 3000 | 3000 |
| 7.07 | Celda alta tensión de seccionador con seccionador a tierra y autoválvula | Und. | 1 | 4000 | 4000 |
| 7.08 | Relé Siprotec 7SJ63 | Und. | 2 | 3000 | 3000 |
| 7.09 | Unidad de Teledisparo | Und. | 1 | 2000 | 2000 |
| 8.00 | SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA | Glb. | 1 | 1500 | 1500 |
| Total | | | | | 110284,3 |

C. Costos de Operación y Mantenimiento

Son como sigue:

Tabla 17
Costos operativos.

| Detalle | Unidad | Cantidad | Sueldo mensual US\$ | Meses | Sueldo anual US\$ |
|------------------------|--------|----------|---------------------|-------|-------------------|
| Ingeniero mecánico | Sueldo | 1 | 1000 | 12 | 1200 |
| Técnico | Sueldo | 1 | 500 | 12 | 6000 |
| Vigilantes día - noche | Sueldo | 4 | 400 | 12 | 19200 |
| Total | | | | | 27200 |

Tabla 18
Costos de operación y mantenimiento.

| Costos anuales | US\$ |
|------------------------|--------------|
| Costo de operación | 37200 |
| Costo de mantenimiento | 3600 |
| Total | 40800 |

CONCLUSIONES

- El presente trabajo se determina que, la potencia de la energía de las olas del lago Titicaca en el lugar estudiado en el distrito de Amantaní, según los resultados obtenidos presentan las siguientes especificaciones:

Longitud: 100,45 m; Velocidad de la Ola: 12,50 m/s; Velocidad del grupo 6,25 m/s; Flujo de Energía: 7,89 kW/m; Energía Total: 515,65 kJ/m². Se tomó el Flujo de Energía: 7,0 kW/m. La potencia del centro de reproducción undimotriz de las olas del lago Titicaca será de 55 kW cumpliendo así con la máxima demanda y potencia instalada de la Isla Amantaní que es de 41,7 Kw., se será una turbina Well de 55 kW, con una eficacia de 86,7% y la de los productores, a 97%.

- El sistema que forma la electricidad undimotriz de las olas del lago utilizará 01 turbina del tipo Wells, paso fijo, potencia nominativa 55 kW, Alto de 2,83, Ancho hasta un 1,25 m. El dique será de 25 m de largo y 12,25 m. de ancho. La cámara será de 12 m de largo por 4,50 m. de ancho. La evacuación medirá 3,10 m. de ancho por 3,20 m. de alto. El generador eléctrico poseerá una potencia nominativa de 55 kW, velocidad 3000 RPM. El edificio del mini centro tendrá 10 m. x 4 m. x 3 m. La inversión será de US\$ 110284.3, mientras que la manipulación y mantenimiento anual es de \$ 40 800.

RECOMENDACIONES

- Estudiar el potencial undimotriz actual de la zona estudiada a fin de realizar un planeamiento período para posibles adaptaciones a cambios posteriores, según la demanda y flexibilidad que aguante la propuesta inicial.
- Realizar periódicamente el análisis de aprovechamiento del potencial energético no convencional, de la energía de las olas del Lago Titicaca, en la Isla Amantaní – Puno, a fin de conocer si es que hay adaptaciones y cambios posteriores.
- Realizar la propuesta de aprovechamiento del potencial energético no convencional, de la energía de las olas del Lago Titicaca, en la Isla Amantaní – Puno, a fin de enumerar las tareas en Información de recursos adicionales necesarios.

Supervisar el progreso de los proyectos piloto y la implementación de pequeñas plantas en este lago, evaluando la instalación del sistema generador propuesto, el cual servirá como guía para expandir su modelo a zonas aledañas.

BIBLIOGRAFÍA

- Amundarain, M. (2012). La energía renovable procedente de las olas. *Ikastorratza, e-Revista de didáctica*, (8), 1-14. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4098958&info=resumen&idioma=BAQ>
- Boulange, B., y Aquize, E. (1981). Morphologie, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant. *Hydrobiol. trop.*, 14(4), 269-287. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/39876311.pdf>
- Coello, U. (2017). *Diseño De Sistema De Generación Undimotriz Para Suministrar Energía Eléctrica Al Terminal Portuario Lambayeque, 2017. (Tesis de grado)*. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32415>
- Escajadillo, F. (2018). *Diseño de una central undimotriz para la generación de energía eléctrica en la Ciudad de Mollendo. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3263479>
- García, E. I. (2019). *Potencial de la energía undimotriz en costas mexicanas y usos potenciales. (Tesis de doctorado)*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México. Recuperado de https://repositorio.unam.mx/contenidos/potencial-de-la-energia-undimotriz-en-costas-mexicanas-y-usos-potenciales-3513288?c=pk0bjr&d=true&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0
- García, L. (2021). *Clima marítimo, procesos de erosión/acreción y amenazas/vulnerabilidades por erosión: Caso de estudio de la Barrera costera de Puerto Velero, Departamento del Atlántico. (Tesis de maestría)*. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Recuperado de <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/10837/1140865689.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, X., Hernández, I. A., y Barrios, H. (2017). Potencial energético undimotriz en nodos costeros de México Parte 1: estimación energética. *Tecnología y ciencias del agua*, 08(6), 05-22. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-01>

- Huertas, C., Patricio, S., Neumann, F., y Sarmento, A. (2013). *Impacto ambiental de las centrales de energía de las olas*. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Recuperado de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Impacto-Ambiental-De-Las-Centrales-De/40207597.html>
- Jaramillo, A. S. (2019). *Diseño de un sistema de generación undimtriz para suministrar la demanda de electricidad del Astillero Marypol E.I.R.L. en Puerto Salaverry, 2018. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4628>
- Mellor, G., y Xin Huang, R. (1997). Introduction to Physical Oceanography. *American Journal of Physics*, 65(10), 1028-1029. <https://doi.org/10.1119/1.18716>
- Morales, E. V. (2016). *Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía undimotriz. (Tesis de grado)*. Universidad de Chile, Santiago, Chile. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139160?show=full>
- Navarro, R. (2011). *Producción de energía a partir de las olas del mar*. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/produccion-energia-partir-las-olas-mar>
- Neira, M. L., y Roque, J. S. (2020). *Generación undimotriz para mejorar el suministro de energía eléctrica en la playa costanera - Huanchaco. (Tesis de licenciatura)*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23955>
- Pelissero, M., Haim, P. A., Oliveto, G., y Galia, F. (2011). *Aprovechamiento de la Energía Undimotriz*. 9(2), 53-66.
- Perdomo, A. J., Diaz, H., y Palacios, J. (2018). *Viabilidad técnica de tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz en la costa del pacifico colombiano. (Tesis de grado)*. Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15254?show=full>
- Pire, P. (2018). *Aprovechamiento de la energía undimotriz en la costa asturiana. (Tesis de maestría)*. Universidad de Oviedo, Oviedo, España. Recuperado de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/48378/TFM_PelayoPireCortes.pdf;jsessionid=7D73A6297B6685B4AC3A84EC95C1FE3F?sequence=3%0Ahttps://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27621/TFG_Gonzalo_Piriz_Hurtado.pdf?

sequence=1&isAllowed=y

- PWC. (2017). *Energías renovables en Argentina. Oportunidades en un nuevo contexto de negocios*. Buenos Aires: PWC. Recuperado de <https://docplayer.es/59786605-Energias-renovables-en-argentina-oportunidades-en-un-nuevo-contexto-de-negocios.html>
- Tauro, R. J., Caballero, J. L., Salinas, M. Á., Ghilardi, A., y Arroyo, J. M. (2021). *Evaluación del potencial energético de los recursos biomásicos en Honduras*. Santiago: CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47650/1/S2101025_es.pdf
- Truhlar, D. G. (1972). Finite difference boundary value method for solving one-dimensional eigenvalue equations. *Journal of Computational Physics*, 10(1), 123-132. [https://doi.org/10.1016/0021-9991\(72\)90094-0](https://doi.org/10.1016/0021-9991(72)90094-0)
- Villegas, V. (2019). *Comparación de viabilidad de central undimotriz versus central mareomotriz en Chile. (Tesis de grado)*. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/47181>



ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la temperatura máxima año 2021.

| ESTACIÓN | PARÁMETRO | Año | Día | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|-------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 1 | 14.6 | 17 | 16.2 | 14.4 | 14.4 | 14.2 | 13.2 | 14.4 | 17.4 | 17.2 | 17 | 19.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 2 | 13.6 | 15.4 | 14.6 | 14.2 | 16.2 | 14.4 | 13.4 | 13.8 | 16.8 | 17.8 | 17 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 3 | 16 | 13.8 | 14.8 | 14.2 | 15 | 15.2 | 14.2 | 13.4 | 16.2 | | 17.2 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 4 | 16.2 | 14.8 | 15.8 | 13.4 | 17 | | 14 | 16 | 17.6 | 17.8 | 18.8 | 16 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 5 | 16 | 15.2 | 16.2 | 13.2 | 16.4 | 14.6 | 15.4 | 15 | 15.4 | 14.8 | 18.6 | 13.4 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 6 | 14.2 | 17 | 13.4 | 14.6 | 16 | 13.8 | 15 | 16.6 | 17 | 12.6 | 17.2 | 13.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 7 | 13.4 | 18.2 | 14.6 | 14 | 16 | 13.6 | 15.2 | 15.2 | 17.8 | 16 | 18.6 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 8 | | 16 | 15.4 | 16.4 | 14.6 | 15.4 | 16.2 | 14.8 | 16.6 | 15 | 19.2 | 15.4 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 9 | 14.8 | 16.2 | 13.8 | 15.4 | 15 | 14.8 | 13.2 | 16.6 | 16.8 | 18 | 19 | 13.6 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 10 | 15.4 | 16.4 | 14.6 | 15.2 | 15.2 | 14.4 | 15.6 | 16.8 | 16.4 | 16.8 | 17 | 14.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 11 | 16 | 17.6 | 15.4 | 15.2 | 15.8 | 14.2 | 15 | 15.8 | 14.8 | 17.2 | 17.4 | 17.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 12 | 17 | | 13.4 | 12.6 | 15 | 12.2 | 15.6 | 14.8 | 18 | 19 | 15 | 13.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 13 | 12.6 | 18.2 | 14.2 | 14.6 | 14.8 | 12.4 | 16.2 | | 17.8 | 18.6 | 17.8 | 17.4 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 14 | 14.4 | 15.8 | 14.6 | 15 | 13.6 | 13 | 16.6 | 15.2 | 18 | 20.2 | 17 | 16.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 15 | 16 | 11.4 | 14.2 | 15.6 | 14.6 | 15.2 | 16.8 | 15 | 15.8 | 18 | 18.2 | 14.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 16 | 15 | 15.8 | 15.4 | 16.8 | 13.4 | 15.4 | 17.6 | 15.2 | 15.6 | 19 | 17.4 | 14 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 17 | 15.6 | 14.6 | 16.2 | 16.4 | 13.8 | 14.8 | 15.6 | 16.8 | 15 | 18.6 | 17 | 13.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 18 | 11.8 | 10.4 | 8.6 | 16.2 | 14.6 | 16.4 | 15.2 | 16 | 16.2 | 18.8 | 18.2 | 13.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 19 | 15.4 | 15.2 | 13.6 | 16 | 14.2 | 14.4 | 15 | 15.6 | 16.8 | 18.6 | 17.2 | 15 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 20 | 14.6 | 13.4 | 15.2 | 16.8 | 13.8 | 15.2 | 15.4 | 14.8 | 17.2 | 18.8 | 17.4 | 13.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 21 | 13.4 | 14.6 | 15.4 | 15.2 | 15.2 | 15.8 | 14 | 16.2 | 14.2 | 18.6 | 16.4 | 14.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 22 | 13.8 | 15 | 12.6 | 14.6 | 16.4 | 15.6 | 14.6 | 16.4 | 12.2 | 18.2 | 18.8 | 11.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 23 | 13.6 | 15.4 | 13.8 | 13.8 | 11.4 | 15.8 | 16.2 | 18.4 | 12 | 18.2 | 18.4 | 15.6 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 24 | 15.2 | 15.6 | 15.8 | 15.6 | 15.6 | 13.2 | 15.2 | 17.2 | 16.2 | 18.6 | 16.2 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 25 | 15.8 | 16.2 | 14.8 | 15.4 | 12 | 15.8 | 15 | 19.2 | 15 | 16.2 | 17.2 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 26 | 15.2 | 17.4 | 16.4 | 14.4 | 12.4 | 15.4 | 13.2 | 16.6 | 17.4 | 15.6 | 11.2 | 11.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 27 | 16.6 | 15.4 | 15.6 | 14.6 | 11.8 | 14.6 | 14.4 | 15.4 | 17 | 16.6 | 13.4 | 14.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 28 | 17 | 15 | 14.4 | 15 | 14.6 | 12.6 | 13.8 | 15.8 | 16.8 | 15.8 | 17 | 13.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 29 | 14.8 | | 13.8 | 14.2 | 15.6 | 12.8 | 16.4 | 14.2 | 16.2 | 17 | 15.2 | 15.2 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 30 | 16.8 | | | 14.8 | 14.6 | 13.6 | 17.8 | 14.4 | 16 | 17.2 | 16.4 | 16.8 |
| CAPACHICA | TEMPERATURA MAXIMA (°C) | 2021 | 31 | 17.6 | | 13.8 | | 11.8 | | 16.2 | 16.2 | | 16.8 | | 17.2 |



-666, -777, -888, -999; son códigos que significan (mantenimiento, no medible, ausencia de dato por traslado de estación, falta de observador, sin registro por descargas eléctricas u otros; esos códigos indican que si hubo un dato pero que no se pudo registrar debidamente.

Un ejemplo de ello es el **código -888** utilizado cuando existe una precipitación que "No es susceptible de ser medido" siendo menos que 0.01mm, nuestro sistema de medición no lo admite por su inexactitud.

Anexo 2. Cálculo de la temperatura mínima año 2021.

| Estación | Parámetro | Año | Día | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|-----------|---------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 1 | 4.8 | 5.8 | 4.8 | 1.2 | -3.8 | -3.4 | -6.2 | -1.6 | -3.2 | -0.2 | 1.8 | 3.2 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 2 | 5.4 | 4.6 | 5 | 3.6 | -2.6 | -6 | -8.6 | -2 | -1.8 | 0.2 | 3 | 2.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 3 | 5.8 | 5.4 | 5.4 | 2.8 | -1.6 | -6.2 | -8 | -0.8 | -2 | 3 | 3.6 | 5.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 4 | 4.4 | 5.2 | 4.2 | 4.4 | -1.6 | -0.2 | -8.4 | 0.2 | -1.8 | -0.8 | 1.6 | 5.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 5 | 2.8 | 5.6 | 5.4 | 4.6 | -1 | -1.8 | -7.4 | -2.8 | -1.6 | 3.8 | 2.2 | 4.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 6 | 5.6 | 5.2 | 5.6 | 4.8 | -0.6 | -3.6 | -6 | -3.8 | -0.6 | 0 | 1.6 | 5.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 7 | 4.4 | 5.2 | 4.2 | 4.6 | 0.8 | -4 | -6.2 | -2.6 | 1.2 | 3 | 3 | 5 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 8 | 1.8 | 5.8 | 2.4 | 3.2 | 0.8 | -3.6 | -5.4 | 0 | 0.2 | 5.6 | 4 | 5.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 9 | 1.6 | 4.4 | 3.8 | 3 | -1.2 | -2 | -4.4 | -2.6 | 2.2 | 2 | 3.8 | 4.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 10 | 2.4 | 3.8 | 2.8 | 2.8 | -1.6 | -4 | -5.2 | -2.4 | 0.2 | 4 | 3.8 | 5.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 11 | 5.4 | 3.6 | 0.8 | 2.2 | -0.8 | -4.8 | -6 | -2.2 | 1.2 | 2.6 | 6.2 | 4.2 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 12 | 3 | 4.2 | 1 | 3.8 | 2.8 | -6.6 | -4.6 | -2 | -0.8 | 2.8 | 3.6 | 1.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 13 | 5.6 | 4 | 2.6 | 1.2 | 1.8 | -6.4 | -2.4 | -2.8 | 0 | 1 | 6 | 2.2 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 14 | 5.6 | 4.4 | 4 | 4.8 | -0.6 | -2.8 | -2.6 | -4.6 | -0.2 | 3.8 | 4.2 | 5.2 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 15 | 6.4 | 4.2 | 5.2 | 0.2 | -1.4 | -3.6 | 0.2 | -3.2 | 0.4 | -0.6 | 3 | 4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 16 | 6.6 | 2.8 | 3.4 | -0.4 | -2.4 | 0.8 | -2.8 | -5 | 2 | 2.8 | 5.2 | 4.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 17 | 5.4 | 4.2 | 3.2 | -3.8 | 1 | -1.6 | -5 | -3.6 | 3 | 2.2 | 5.2 | 4.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 18 | 5.8 | 4 | 2.8 | -1.4 | -2.2 | -2.8 | -3.6 | -4.8 | 0.2 | 1 | 0.8 | 4.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 19 | 4.2 | 3.8 | 4.8 | -2.8 | -2.6 | -4.2 | 1 | -3.6 | 0 | 0.6 | 2.8 | 5 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 20 | 5.8 | 3.8 | 4.8 | -0.8 | -2.6 | -3 | 0.2 | -5.2 | 1.2 | 0.2 | 3.8 | 3.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 21 | 5.4 | 5.2 | 4.2 | -0.8 | -1.8 | -3.8 | -3 | -4.8 | 1 | 0 | 5.2 | 6.2 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 22 | 4.4 | 6.8 | 5.2 | -0.6 | -6.2 | 2.6 | -3.8 | -3 | 1.4 | 1.8 | 3.2 | 4.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 23 | 1.8 | | 5 | 0 | -4.4 | -0.6 | -3.4 | -3.6 | 2 | 0.4 | 3.8 | 4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 24 | 4.2 | 1.4 | 4.8 | 0.6 | -1.2 | -7.6 | -1.6 | 1 | 0.2 | -1.4 | 6.6 | 5.4 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 25 | 5.2 | 0.8 | 4.6 | -1.6 | -0.4 | -5.4 | 0.8 | -2.8 | 3.6 | -1.6 | 4 | 4.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 26 | 5.4 | 2 | 4 | -1.8 | -1 | -3.2 | -4.4 | -2.4 | 0.8 | 1.2 | 5.6 | 5 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 27 | 1.4 | 6.6 | 2 | 0 | 2.2 | -3.2 | -1.6 | -0.2 | 0.4 | 1.8 | 5.2 | 3.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 28 | 2.8 | 5.6 | 5 | 0.2 | -2.2 | -2 | -0.2 | -1.2 | -0.4 | 4.6 | 4.8 | 4.8 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 29 | 1.6 | | 4.8 | -0.6 | -3.2 | -3.8 | -1.8 | 1.2 | 3.8 | 1 | 4.2 | 8 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|------|----|-----|--|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 30 | 2.6 | | 2.8 | -2.8 | -3.2 | -4.2 | -3.4 | -1.6 | 0.2 | -1 | 4.4 | 5.6 |
| Capachica | Temperatura mínima (°c) | 2021 | 31 | 4.6 | | 3.6 | | -0.4 | | -1.4 | -3.2 | | 1.2 | | 3.8 |

-666, -777, -888, -999; son códigos que significan (mantenimiento, no medible, ausencia de dato por traslado de estación, falta de observador, sin registro por descargas eléctricas u otros; esos códigos indican que si hubo un dato pero que no se pudo registrar debidamente.

Un ejemplo de ello es el **código -888** utilizado cuando existe una precipitación que "No es susceptible de ser medido" siendo menos que 0.01mm, nuestro sistema de medición no lo admite por su inexactitud.

Anexo 3. Tablas y gráficos generales de la velocidad del viento 2021.

Frecuencias

Estadísticos

| | | Año | Mes | Día | Hora | Dirección_del_viento | Velocidad_de_viento |
|---|----------|------|------|------|------|----------------------|---------------------|
| N | Válido | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1088 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |

Estadísticos

| | | Año | Mes | Día | Hora | Dirección_del_viento | Velocidad_de_viento |
|-------------|-----------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|
| N | Válido | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1088 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| | Media | | 6,53 | 15,72 | 13,00 | | 3,05 |
| | Error estándar de la media | | ,104 | ,266 | ,148 | | ,076 |
| | Mediana | | 7,00 | 16,00 | 13,00 | | 2,00 |
| | Moda | | 1 ^a | 1 ^a | 7 ^a | | 2 |
| | Desviación estándar | | 3,449 | 8,800 | 4,901 | | 2,514 |
| | Varianza | | 11,899 | 77,445 | 24,022 | | 6,320 |
| | Asimetría | | -,010 | ,008 | ,000 | | ,563 |
| | Error estándar de asimetría | | ,074 | ,074 | ,074 | | ,074 |
| | Curtosis | | -1,207 | -1,193 | -1,501 | | -,224 |
| | Error estándar de curtosis | | ,148 | ,148 | ,148 | | ,148 |
| | Rango | | 11 | 30 | 12 | | 14 |
| | Mínimo | | 1 | 1 | 7 | | 0 |
| | Máximo | | 12 | 31 | 19 | | 14 |
| | Suma | | 7146 | 17214 | 14235 | | 3321 |
| Percentiles | 25 | | 4,00 | 8,00 | 7,00 | | 2,00 |
| | 50 | | 7,00 | 16,00 | 13,00 | | 2,00 |
| | 75 | | 10,00 | 23,00 | 19,00 | | 4,00 |

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Anexo 4. Tabla de frecuencia

Año

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|-------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido 2021 | 1095 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Mes

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido 1 | 93 | 8,5 | 8,5 | 8,5 |
| 2 | 84 | 7,7 | 7,7 | 16,2 |
| 3 | 93 | 8,5 | 8,5 | 24,7 |
| 4 | 90 | 8,2 | 8,2 | 32,9 |
| 5 | 93 | 8,5 | 8,5 | 41,4 |
| 6 | 90 | 8,2 | 8,2 | 49,6 |
| 7 | 93 | 8,5 | 8,5 | 58,1 |
| 8 | 93 | 8,5 | 8,5 | 66,6 |
| 9 | 90 | 8,2 | 8,2 | 74,8 |
| 10 | 93 | 8,5 | 8,5 | 83,3 |
| 11 | 90 | 8,2 | 8,2 | 91,5 |
| 12 | 93 | 8,5 | 8,5 | 100,0 |
| Total | 1095 | 100,0 | 100,0 | |

Día

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido 1 | 36 | 3,3 | 3,3 | 3,3 |
| 2 | 36 | 3,3 | 3,3 | 6,6 |
| 3 | 36 | 3,3 | 3,3 | 9,9 |
| 4 | 36 | 3,3 | 3,3 | 13,2 |
| 5 | 36 | 3,3 | 3,3 | 16,4 |
| 6 | 36 | 3,3 | 3,3 | 19,7 |
| 7 | 36 | 3,3 | 3,3 | 23,0 |
| 8 | 36 | 3,3 | 3,3 | 26,3 |
| 9 | 36 | 3,3 | 3,3 | 29,6 |
| 10 | 36 | 3,3 | 3,3 | 32,9 |
| 11 | 36 | 3,3 | 3,3 | 36,2 |
| 12 | 36 | 3,3 | 3,3 | 39,5 |
| 13 | 36 | 3,3 | 3,3 | 42,7 |

| | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 14 | 36 | 3,3 | 3,3 | 46,0 |
| 15 | 36 | 3,3 | 3,3 | 49,3 |
| 16 | 36 | 3,3 | 3,3 | 52,6 |
| 17 | 36 | 3,3 | 3,3 | 55,9 |
| 18 | 36 | 3,3 | 3,3 | 59,2 |
| 19 | 36 | 3,3 | 3,3 | 62,5 |
| 20 | 36 | 3,3 | 3,3 | 65,8 |
| 21 | 36 | 3,3 | 3,3 | 69,0 |
| 22 | 36 | 3,3 | 3,3 | 72,3 |
| 23 | 36 | 3,3 | 3,3 | 75,6 |
| 24 | 36 | 3,3 | 3,3 | 78,9 |
| 25 | 36 | 3,3 | 3,3 | 82,2 |
| 26 | 36 | 3,3 | 3,3 | 85,5 |
| 27 | 36 | 3,3 | 3,3 | 88,8 |
| 28 | 36 | 3,3 | 3,3 | 92,1 |
| 29 | 33 | 3,0 | 3,0 | 95,1 |
| 30 | 33 | 3,0 | 3,0 | 98,1 |
| 31 | 21 | 1,9 | 1,9 | 100,0 |
| Total | 1095 | 100,0 | 100,0 | |

Hora

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido 7 | 365 | 33,3 | 33,3 | 33,3 |
| 13 | 365 | 33,3 | 33,3 | 66,7 |
| 19 | 365 | 33,3 | 33,3 | 100,0 |
| Total | 1095 | 100,0 | 100,0 | |

Dirección del viento

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido C | 271 | 24,7 | 24,7 | 24,7 |
| E | 47 | 4,3 | 4,3 | 29,0 |
| ENE | 69 | 6,3 | 6,3 | 35,3 |
| N | 77 | 7,0 | 7,0 | 42,4 |
| NE | 359 | 32,8 | 32,8 | 75,2 |
| NNE | 26 | 2,4 | 2,4 | 77,5 |
| NNW | 1 | ,1 | ,1 | 77,6 |

| | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|
| NW | 96 | 8,8 | 8,8 | 86,4 |
| S | 34 | 3,1 | 3,1 | 89,5 |
| S/D | 7 | ,6 | ,6 | 90,1 |
| SE | 32 | 2,9 | 2,9 | 93,1 |
| SW | 21 | 1,9 | 1,9 | 95,0 |
| W | 55 | 5,0 | 5,0 | 100,0 |
| Total | 1095 | 100,0 | 100,0 | |

Velocidad_de_viento

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|----------|---------|------------|------------|----------------------|-------------------------|
| Válido | 0 | 271 | 24,7 | 24,9 | 24,9 |
| | 2 | 318 | 29,0 | 29,2 | 54,1 |
| | 4 | 243 | 22,2 | 22,3 | 76,5 |
| | 6 | 181 | 16,5 | 16,6 | 93,1 |
| | 8 | 67 | 6,1 | 6,2 | 99,3 |
| | 11 | 7 | ,6 | ,6 | 99,9 |
| | 14 | 1 | ,1 | ,1 | 100,0 |
| | Total | 1088 | 99,4 | 100,0 | |
| Perdidos | Sistema | 7 | ,6 | | |
| Total | | 1095 | 100,0 | | |

Gráfico de barras

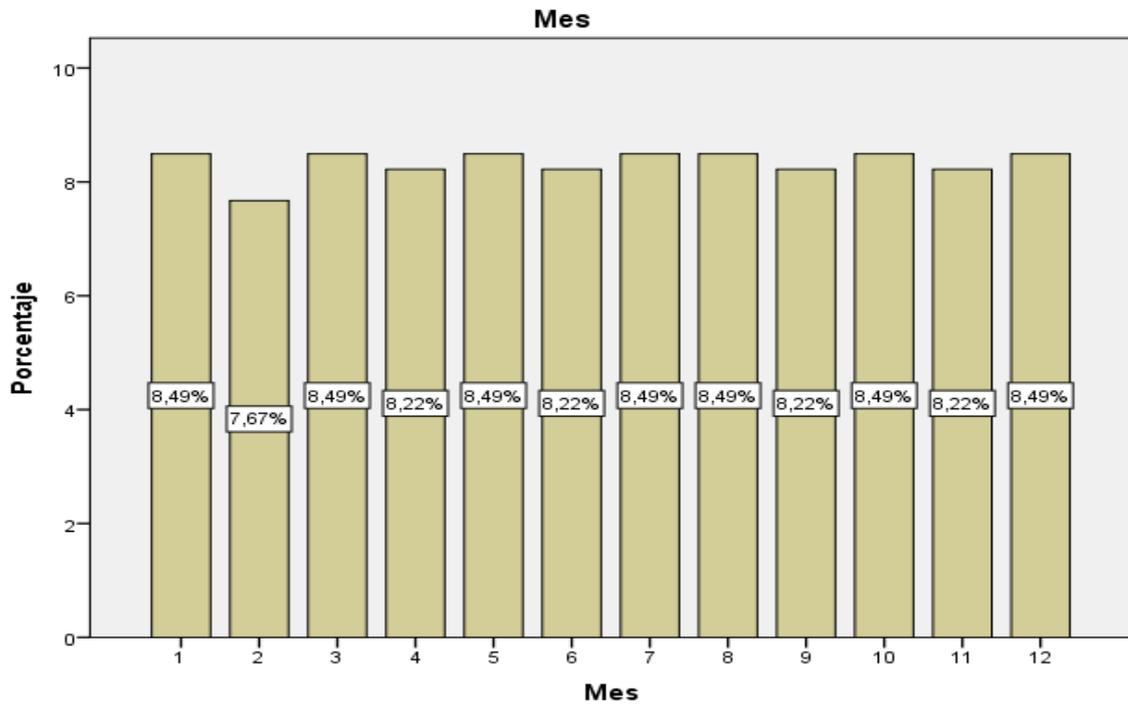


Figura 12. Velocidad de viento por mes.

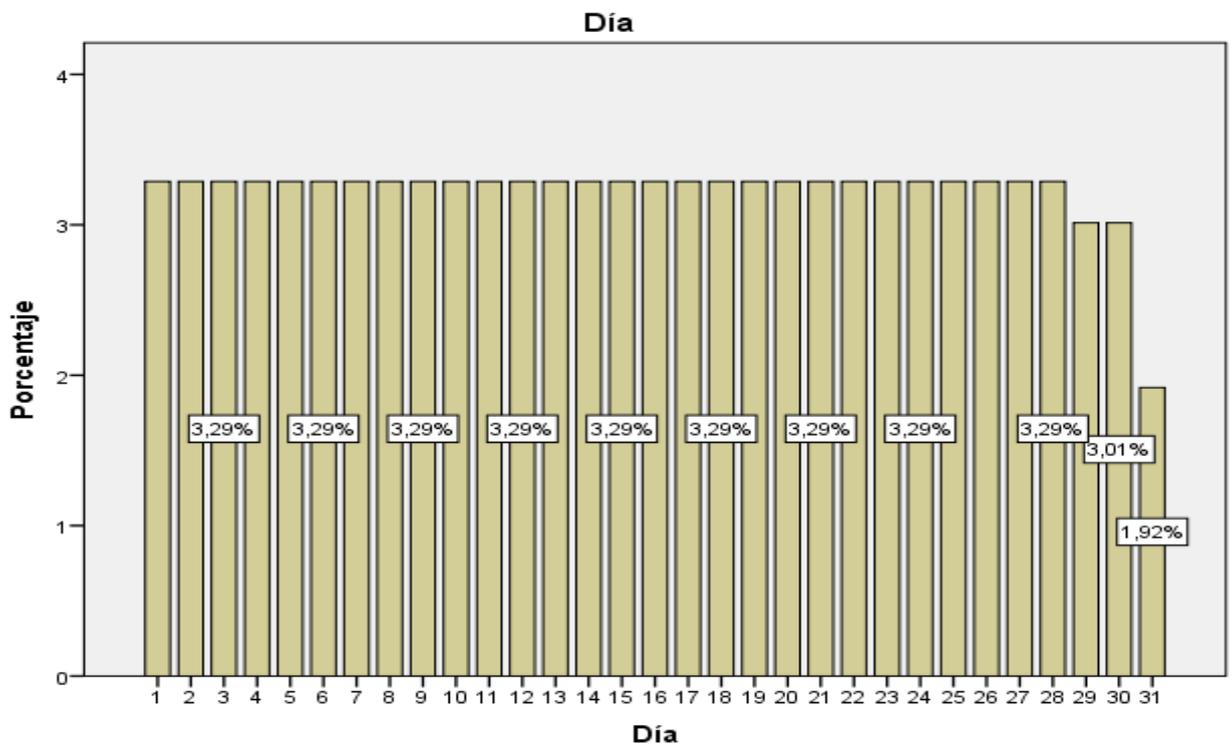


Figura 13. Velocidad de viento por día.

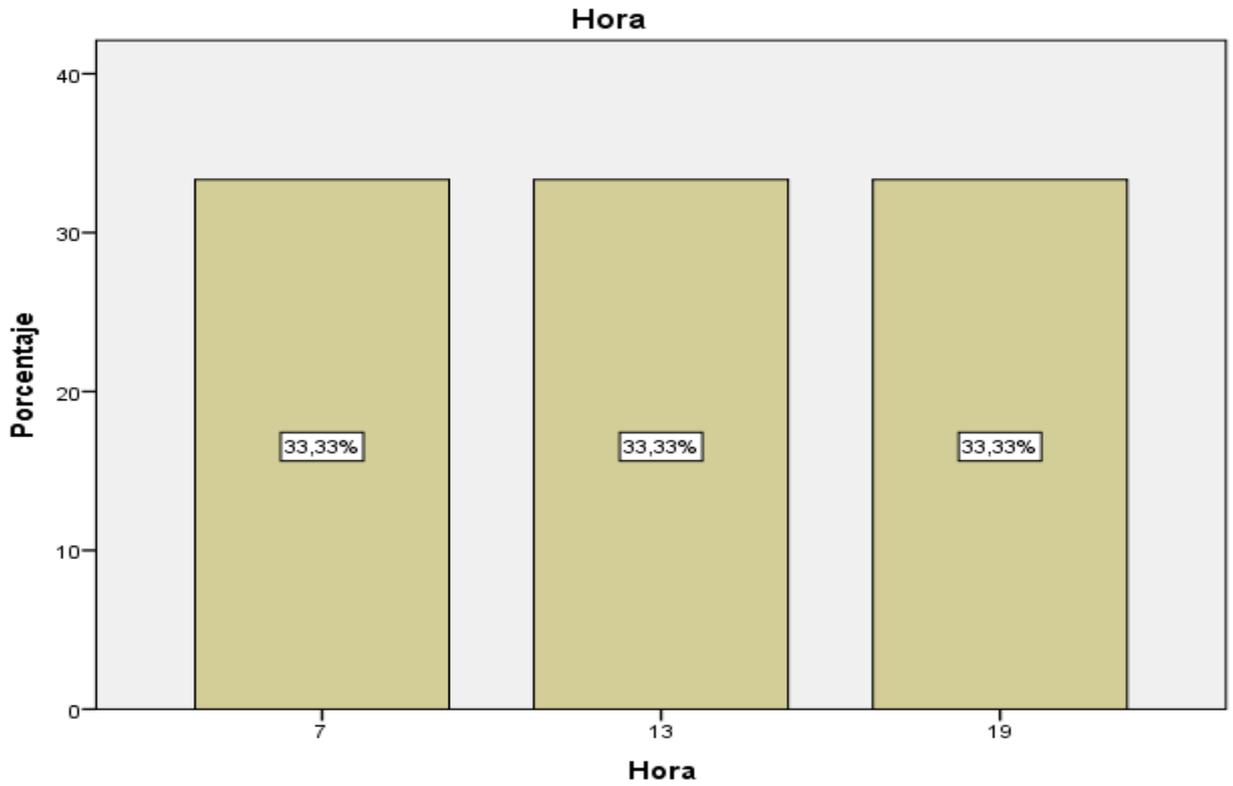


Figura 14. Velocidad de viento por hora.

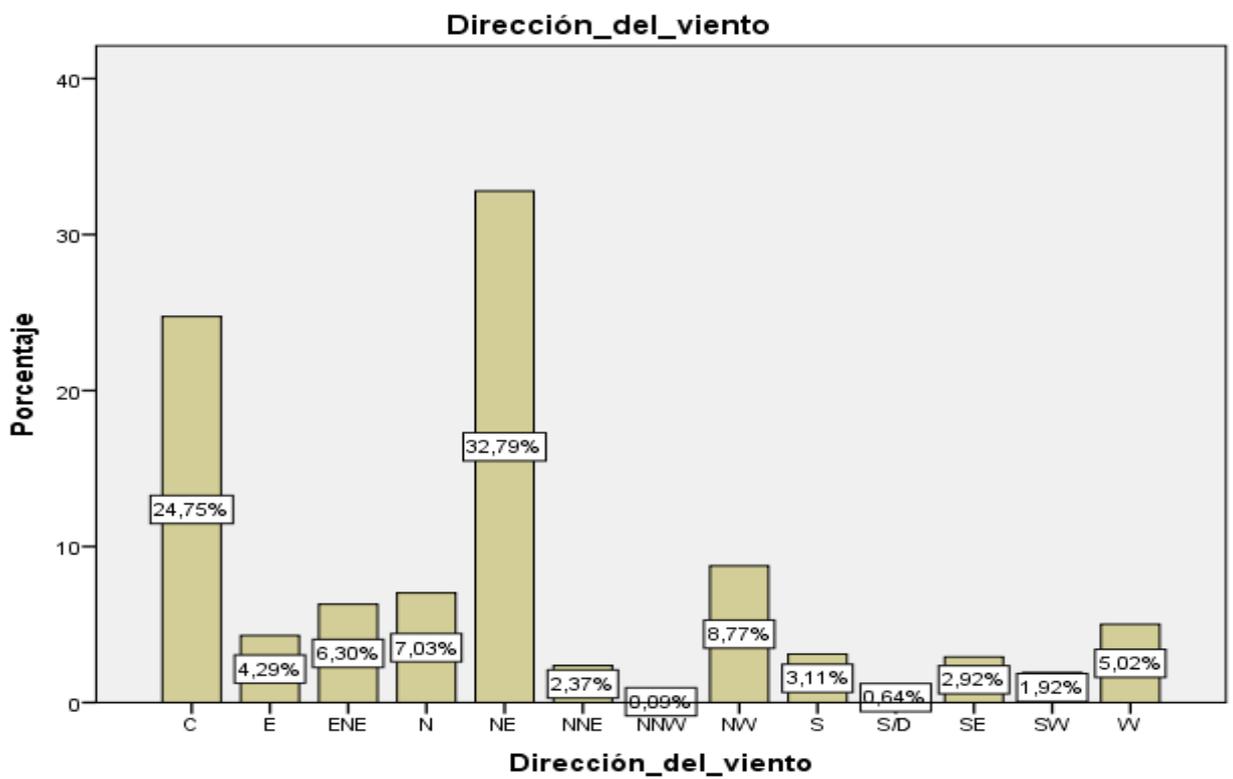


Figura 15. Dirección del viento.

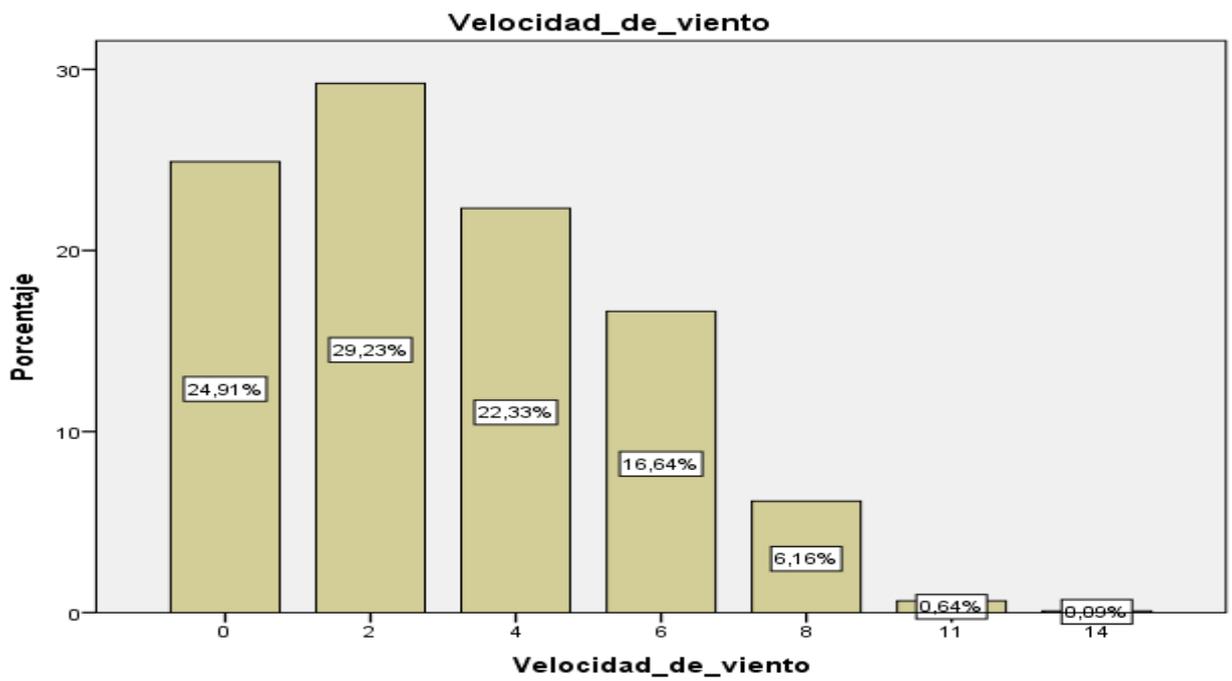


Figura 16. Velocidad del viento.

Anexo 5. Tablas y gráficos generales de promedio y velocidad máxima y mínima de la velocidad del viento.

Velocidad del viento

| | |
|---|------|
| PROMEDIO DÍA | 16 |
| PROMEDIO HORA | 13 |
| PROMEDIO DIRECCIÓN DEL VIENTO | NW |
| PROMEDIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) | 3.05 |
| VELOCIDAD DE VIENTO MÁXIMO (m/s) | 14 |
| VELOCIDAD DE VIENTO MÍNIMO (m/s) | 0 |

| Estación | Año | Mes | Día | Hora | Dirección del viento | Velocidad de viento (m/s) |
|-----------|------|-----|-----|------|----------------------|---------------------------|
| CAPACHICA | 2021 | 1 | 16 | 13 | NW | 3.05 |

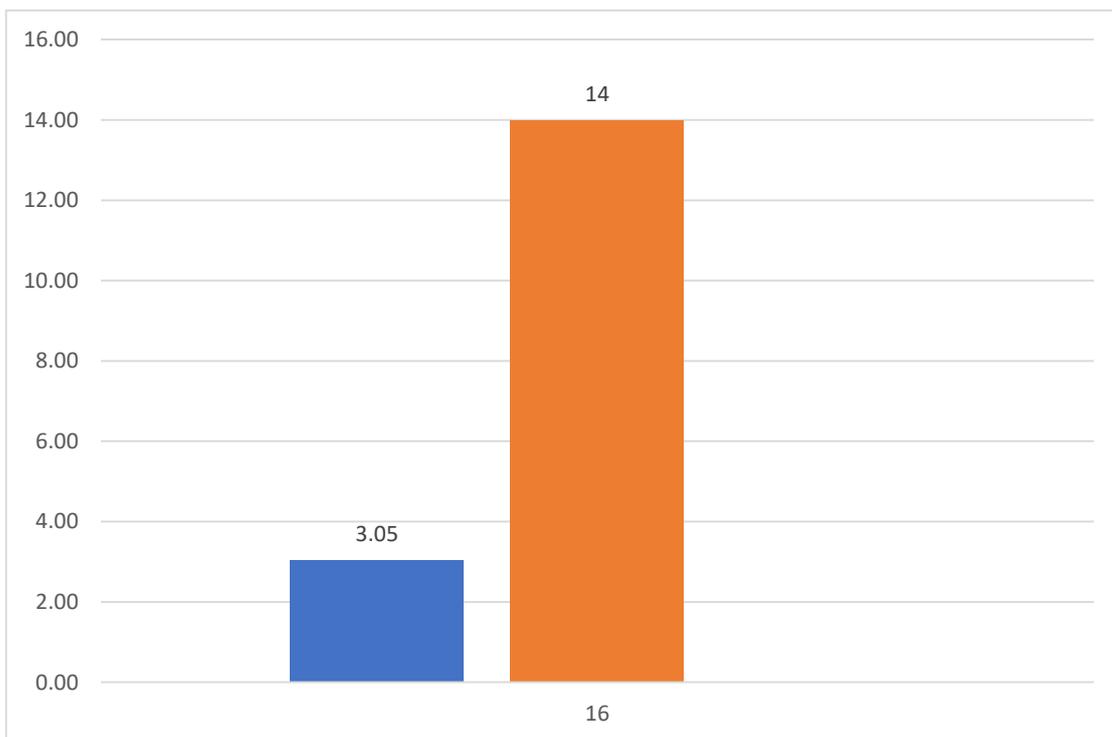


Figura 17. Promedio de velocidad del viento.

En la Figura 14, se observa el promedio de la temperatura (°C):8.21. También el promedio de la temperatura máxima (°C): 15.45. Así también, la temperatura máxima (°C): 20.2, tomada en la estación de Capachica, el día 14 de octubre del año 2021.

Temperatura máxima y mínima

| | |
|--|-------|
| PROMEDIO DE LA TEMPERATURA: | 8.21 |
| Temperatura máxima | 20.2 |
| Promedio de la temperatura máxima | 15.45 |

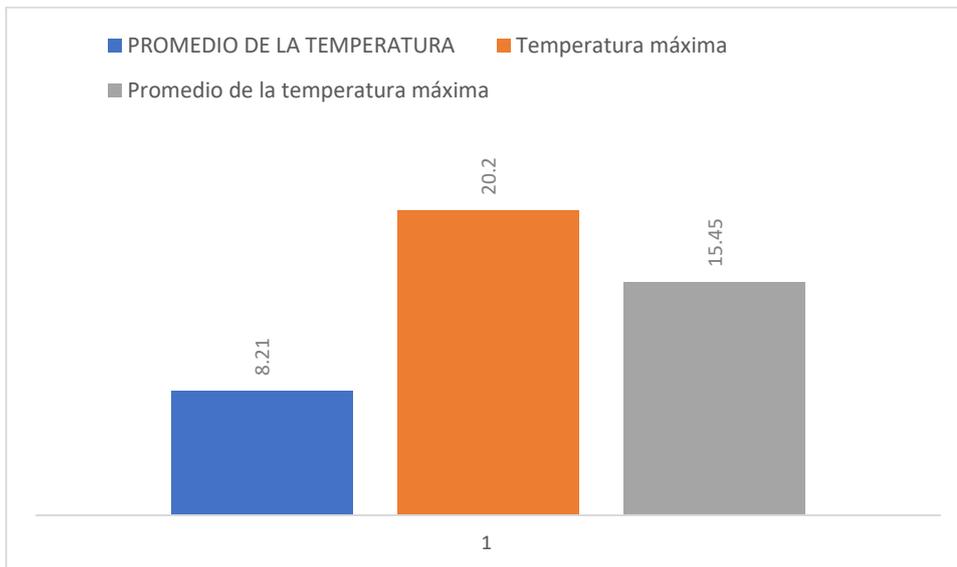


Figura 18. Promedio de la temperatura.

En la Figura 15 se observa el promedio de la temperatura mínima (°C): 1.1. Así también, la temperatura mínima (°C): -8.6, tomada en la estación de Capachica, el día 2 de julio del año 2021.

| | |
|--|------|
| Temperatura mínima | -8.6 |
| Promedio de la temperatura mínima | 1.1 |

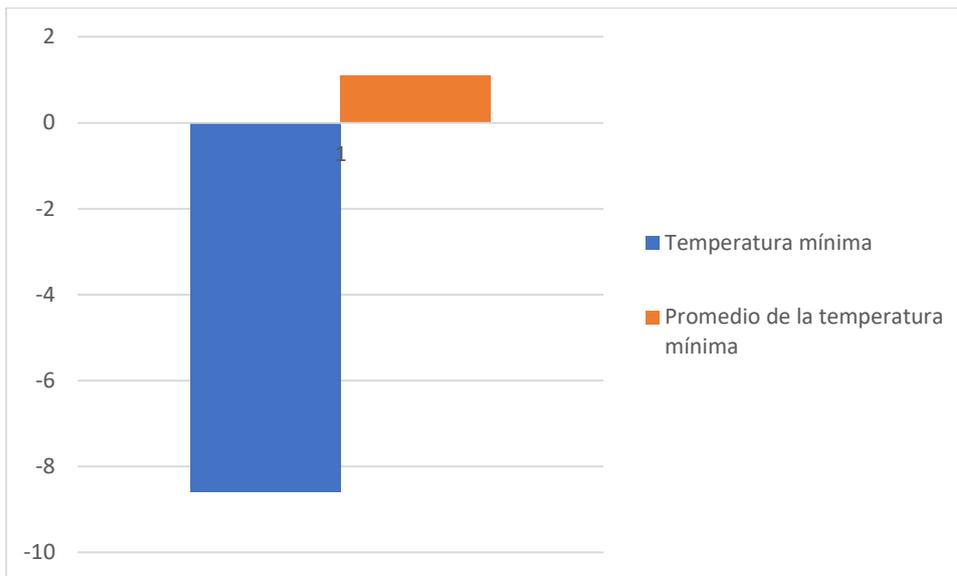


Figura 19. Promedio de temperatura mínima.

En la Figura 16 se observa el promedio de la radiación solar Cal/cm2: 562.69

- Radiación solar máxima Cal/cm2: 790.42, registrada el 24 de octubre del 2021.
- Radiación solar mínima Cal/cm2: 363, registrada el 18 de marzo del 2021.

Radiación solar

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| PROMEDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR | 563.56 |
| Radiación máxima | 790.42 |
| Radiación mínima | 363 |

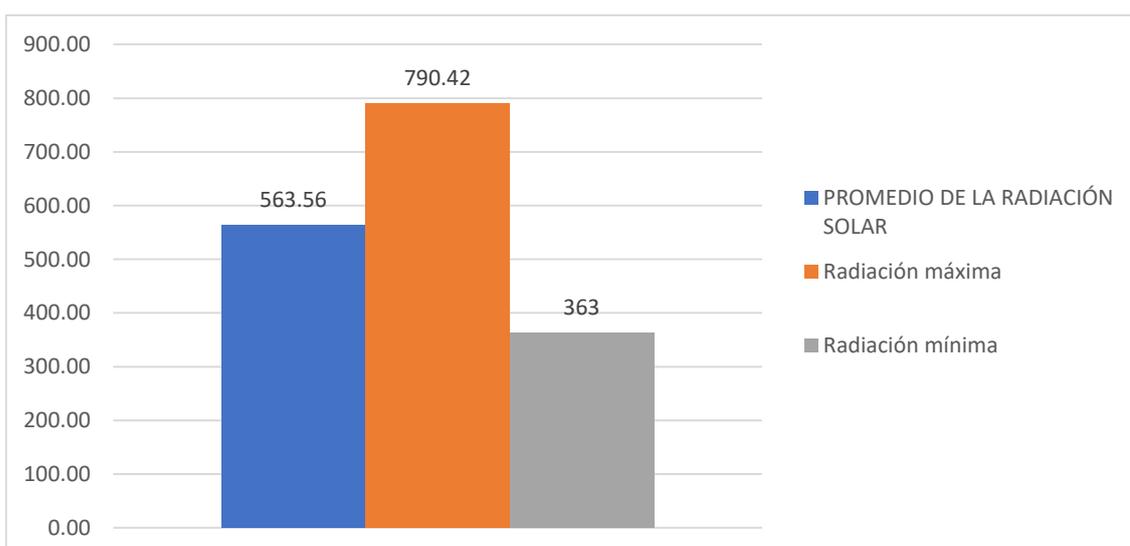


Figura 20. Promedio de la radiación solar.

Anexo 6. Formato de trabajo de campo.

FORMATO A: ENCUESTAS POR LOTES O PREDIOS.

PROYECTO:.....

LOCALIDAD: **DISTRITO:** **PROVINCIA:**

REGISTRÓ DE ENCUESTA N° **FECHA:** **HORA:**

| | | | |
|--|--|---|------------------------------------|
| 1. PROPIETARIO: | | | |
| 2. USO DEL PREDIO: | | | |
| Vivienda. <input type="checkbox"/> | Vivienda. Comercial <input type="checkbox"/> | Vivienda. Taller <input type="checkbox"/> | Comercial <input type="checkbox"/> |
| 3. N° HAB. <input type="text"/> | Tipo de Construcción..... | | |
| 4. EQUIPOS: | N° DE EQUIPOS: | HORAS DE USO | |
| Radio <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| TV <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| Refrigeradora <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| Computadora <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| Licuadora <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |
| Otros equipos electrodomésticos <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |

(Firma del Responsable de la Encuesta)

Nombre:

Cargo :

(V° B° Autoridades locales)

Nombre:.....

Cargo :



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo **FREDY BERNARDO COYLA APAZA**, identificado con DNI 43246153 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO NO CONVENCIONAL, DE LA ENERGÍA DE LAS OLAS DEL LAGO TITICACA, EN LA ISLA AMANTANI - PUNO”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de mayo del 2023



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **FREDY BERNARDO COYLA APAZA**, identificado con **DNI 43246153** en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA ELECTRICA,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ANALISIS Y PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGETICO NO CONVENCIONAL, DE LA ENERGIA DE LAS OLAS DEL LAGO TITICACA, EN LA ISLA AMANTANI - PUNO”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso.

Puno 22 de mayo del 2023



M.Sc. Ing. Fredy Bernardo Coyla Apaza
CIP. 166054



Huella