Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0

N° 083-2024

CONSTANCIA

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **Tesis** cuyo título es:

"ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE MARCONA 2021"

Presentado por:

RIVERA CHANG, WILDER RONI

EGRESADO del nivel de **PREGRADO** de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de CERO POR CIENTO **(0%)**, por el cual se le otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica,03 de Mayo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. José Luis Donayre Pasache
DIRECTOR DE UNIDAD

Recibo N° 6853917

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica

TESIS

Análisis del potencial eólico en la generación de energía eléctrica en la ciudad de Marcona 2021

Línea de investigación

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

Presentado por:

RIVERA CHANG WILDER RONI

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios

Por el amor que me brinda día a día

A mis Padres.

Con sus inmensos apoyos a mi persona

A mi familia.

Que me brindaron su confianza, consejos, oportunidades y recursos para lograr mi meta

AGRADECIMIENTO

A mis docentes por sus esfuerzos para que finalmente me pudiera gradual como un próspero profesional

A mi asesor Dr. Reynaldo Jesús Ormeño Berrocal por su apoyo en la elaboración de la tesis

A mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado. Esto es posible gracias a Ustedes.

INDICE DE CONTENIDO

Portada
Dedicatoria
Agradecimiento
Indice de Tablas
Indice de Figuras
Resumen
Abstract
Introducción
Capítulo I: Contexto en el que se desarrolló la experiencia
Capítulo II: Trayectoria profesional
Capítulo III: Aplicación profesional
Capítulo IV: Reflexión crítica de la experiencia
Conclusiones
Recomendaciones
Referencias bibliográficas Anexos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° I Valor de coordenada de sus vértices del proyecto
Tabla N° II Valor de coordenadas del aerogenerador empleados
Tabla III. UTM de ubicación de los aerogeneradores
Tabla IV Ubicación de los puntos de muestreo
Tabla V. Promedio de la velocidad del viento de los 4 Puntos
Tabla VI**.** Promedio de producción de energía en los 4 Puntos
Tabla VII**.** Potencia teórica a 3 metros de altura
Tabla IX. Potencia teórica a 30 metros de altura
Tabla VIII**.** Frecuencia de velocidad del viento a 3 metros
Tabla IX. Potencia teórica a 30 metros de altura
Tabla X. Frecuencia de velocidad de viento a 30 metros

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Procedimiento
Fig. 2 Ubicación del parque Eólico San Juan de Marcona
Fig. 3 Diagrama unifilar Marcona
Fig. 4 Cimentación para un aerogenerador típico en Marcona
Fig. 5. Perfil de la velocidad del viento día 1-P1
Fig. 6. Perfil de la velocidad del viento día 2-P1
Fig. 7. Perfil de la velocidad del viento día 3-P1
Fig. 8. Perfil de la velocidad del viento día 4-P1
Fig. 9. Perfil de la velocidad del viento día 5-P1
Fig. 10. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 1
Fig. 11. Perfil de la velocidad del viento día 1-P2
Fig. 12. Perfil de la velocidad del viento día 2-P2
Fig. 13. Perfil de la velocidad del viento día 3-P2
Fig. 14. Perfil de la velocidad del viento día 4-P2
Fig. 15. Perfil de la velocidad del viento día 5-P2
Fig. 16. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 2
Fig. 17. Perfil de la velocidad del viento día 1-P3
Fig. 18. Perfil de la velocidad del viento día 2-P3
Fig. 19. Perfil de la velocidad del viento día 3-P3
Fig. 20. Perfil de la velocidad del viento día 4-P3
Fig. 21. Perfil de la velocidad del viento día 5-P3
Fig. 22. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 3
Figura 23. Perfil de la velocidad del viento día 1-P4
Fig. 24. Perfil de la velocidad del viento día 2-P4
Fig. 25. Perfil de la velocidad del viento día 3-P4
Fig. 26. Perfil de la velocidad del viento día 4-P4
Fig. 27. Perfil de la velocidad del viento día 5-P4
Fig. 28. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 4
Fig. 29. Perfil promedio de la velocidad del viento de los 4 Puntos
Fig. 30. Distribución de frecuencias real y Weibull
Fig. 31. Distribución de probabilidad de frecuencia Weibull
Fig. 32. Distribución de frecuencias real y Weibull
Fig. 33. Distribución de probabilidad de frecuencia Weibull
Fig. 34. Producción de energía en el día 1-P1
Fig. 35. Producción de energía en el día 2-P1

Fig. 36. Producción de energía en el día 3-P1
Fig. 37. Producción de energía en el día 4-P1
Fig. 38. Producción de energía en el día 5-P1
Fig. 39. Promedio de producción de energía en el Punto 1
Fig. 40. Producción de energía en el día 1-P2
Fig. 41. Producción de energía en el día 2-P2
Fig. 42. Producción de energía en el día 3-P2
Fig. 43. Producción de energía en el día 4-P2
Fig. 44. Producción de energía en el día 5-P2
Fig. 45. Promedio de producción de energía en el Punto 2
Fig. 46. Producción de energía en el día 1-P3
Fig. 47. Producción de energía en el día 2-P3
Fig. 48. Producción de energía en el día 3-P3
Fig. 49. Producción de energía en el día 4-P3
Fig. 50. Producción de energía en el día 5-P3
Fig. 51. Promedio de producción de energía en el Punto 3
Fig. 52. Producción de energía en el día 1-P4
Fig.53. Producción de energía en el día 2-P4
Fig. 54. Producción de energía en el día 3-P4
Fig. 55. Producción de energía en el día 4-P4
Fig. 56. Producción de energía en el día 5-P4
Fig. 57. Promedio de producción de energía en el Punto 4
Fig. 58. Promedio de producción de energía en los 4 Puntos
Fig. 59. Potencia teórica a 3 metros de altura
Fig. 60. Frecuencia de velocidad de viento a 3 metros
Fig. 61. Energía estimada en (Wh) a 3 metros de altura
Fig. 62. Energía estimada en (KWh) a 3 metros de altura
Fig. 63. Potencia teórica a 30 metros de altura
Fig. 64. Frecuencia de velocidad de viento a 30 metros
Fig. 65. Energía estimada en (Wh) a 30 metros de altura
Fig. 66. Energía estimada en (KWh) a 30 metros de altura

RESUMEN

Dentro de este universo de peruanos se encuentran los pobladores de Ruta del Sol, ubicados en el Distrito de San Juan de Marcona, al sur del departamento de Ica, un asentamiento humano cuyos habitantes se dedican principalmente a la pesca y comercio, los cuales ven complicadas sus posibilidades de desarrollo por no contar con energía eléctrica. Para encontrar la mejor solución a este problema se analizó el aprovechamiento del recurso más abundante con el que cuenta la localidad, el cual según estudios hechos por el MEM resulta ser el eólico.

El potencial eólico en la zona de San Juan de Marcona es aproximadamente de 100 MW, con lo cual es capaz de abastecer a todo el Departamento de Ica, cuyo consumo aproximado es de 104 MW. Estos datos, así como la frecuencia de utilización de la electricidad, permitieron dimensionar los sistemas a estudiar, los cuales resultaron de las combinaciones de dos recursos de destino origen.

Se analizaron tres situaciones diferentes: Sistema eólico, Este proceso incluye todos los gastos asociados a un proyecto durante todo su ciclo de vida, dando por resultado el coste normalizado del sistema, ($IkWh). Dentro de los costos tomados para este cálculo se consideró la inversión inicial, la vida útil de los distintos componentes, los costos de operación y mantenimiento y el costo asociado al consumo del combustible.

PALABRAS CLAVES: Potencial eólico, energía eléctrica, anemómetro, aerogenerador

ABSTRACT

Within this universe of Peruvians are the inhabitants of Ruta del Sol, located in the District of San Juan de Marcona, to the south of the department of Ica, a human settlement whose inhabitants are mainly engaged in fishing and trade, which see complicated their possibilities of development due to not having electricity. To find the best solution to this problem, the use of the most abundant resource available to the locality was analyzed, which according to studies carried out by the MEM turns out to be wind power.

The wind potential in the San Juan de Marcona area is approximately 100 MW, which is capable of supplying the entire Department of Ica, whose consumption is approximately 104 MW. These data, as well as the frequency of electricity use, allowed us to size the systems to be studied, which resulted from the combinations of two origin destination resources.

Three different situations were analyzed: Wind system, This process includes all the expenses associated with a project during its entire life cycle, resulting in the normalized cost of the system ($IkWh). Among the costs taken for this calculation, the initial investment, the useful life of the different components, the operation and maintenance costs and the cost associated with fuel consumption were considered.

KEY WORDS: Wind potential, electrical energy, anemometer, wind turbine

I.- INTRODUCCION

De acuerdo con los datos proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas, en Perú hay alrededor de 6 millones de personas que no tienen acceso a los servicios básicos de energía eléctrica, lo que representa un obstáculo significativo para el progreso de una nación, ya que restringe muchos beneficios como las telecomunicaciones a través del televisor y/o la radio, además de disminuir la calidad de vida de algunos hogares al no poder acceder a los servicios Por ejemplo, la cantidad de personas en Perú que aún no tienen acceso a los servicios básicos de agua, desagüe, luz, <B90>y otros servicios es equivalente a la cantidad de personas en situación de extrema pobreza. Hablamos de 6 millones de peruanos en pobreza extrema y en condición de "no usuarios". Así, tenemos que los departamentos con mayores índices de pobreza coinciden con los menores niveles de electrificación, Por lo tanto, observamos que los departamentos con índices de pobreza más altos están relacionados con los departamentos con niveles de electrificación más bajos, como es el caso de Cajamarca y Huánuco, donde los coeficientes de electrificación son del 35% y 37%, y los niveles de pobreza son del 77% y 83%, respectivamente.

Los esfuerzos realizados por el estado de aumentar las líneas eléctricas y que de esta manera lleguen a todo el país no SE pueden discutir, pero como se explicará más adelante, nuestro país posee una geografía muy difícil, entiéndase esto como la característica de poseer muchos Alivia y terrenos irregulares, lo cual incrementa de sobremanera El precio de instalación de líneas eléctricas, son estos los casos donde se presenta otro tipo de tecnologías, como se hace en muchos países, aprovechando los grandes recursos que se tienen Como lo son las fuentes renovables, las cuales poseen el agregado de ser limpias (entiéndase como fuente de energía que no genera gases de Efecto invernadero), una fuente de energía renovable no muy utilizada es la energía eólica, pero nos falta mucho para poder aprovecharla ya que primero se debería realizar un atlas eólico del país, el cual resulta ser el primer inconveniente en el desarrollo de este tipo de energía ya que nunca se realizó un mapa eólico del Perú de manera formal, solo se realizaron aproximaciones , y de esto hace más de 20 años, aunque se sabe A priori que existen muchos microclimas que te brindan vientos permanentes y que estos se sitúan en la costa aunque también exista la posibilidad de encontrar estos microclimas en otros sitios, como se verá más delante el potencial eólico del país es muy grande, y una apropiada inversión puede originar un gran desarrollo en el país.

El objetivo principal del análisis es ofrecer a la población sin energía eléctrica una oportunidad de desarrollo. El propósito del modelo planteado es comparar y demostrar el ahorro que resultaría de utilizar un sistema híbrido de generación de energía que incluya un aerogenerador y un grupo electrógeno, ambos conectados para satisfacer las necesidades de las poblaciones de los niveles socioeconómicos D y E.

En la investigación se utilizó el potencial eólico para generar energía eléctrica de manera sostenible y amigable. Esto se debe a que la población tiene dificultades para recibir el servicio de electricidad por parte de la operadora regional, la cual tiene problemas en las redes secundarias,

las cuales son responsables de llevar el suministro eléctrico a las casas tanto en áreas urbanas como rurales. Como resultado, no se logran abastecer las casas con energía eólica. ¿Qué tan eficiente será la energía eléctrica en la ciudad de Marcona mediante al aprovechamiento del potencial eólico?

El trabajo se limitada a la selección de componentes que serán parte de los distintos sistemas que puedan proponerse para la solución del problema mencionado anteriormente.

La presente tesis tiene como contenido lo siguiente:

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II se presenta el marco teórico, en donde se narra algunos conceptos clave para el desarrollo de este trabajo.

En el capítulo III se presenta formulación de la hipóstasis y variables de la investigación.

En el capítulo IV se presenta el tipo, nivel y diseño de la investigación, también se describe la recolección de datos, técnicas de procesamientos y análisis de datos.

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1 Situación problemática

Según la LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS, aprobada por el DECRETO LEY N° 25844, la energía eléctrica en Perú está dividida en tres grandes grupos: Generación, transferencia, distribución. La consecuencia de esto incluyó la eliminación del control del Estado Peruano sobre la actividad en el ámbito eléctrico, lo que resultó en la creación de empresas concesionarias en cada uno de los tres sectores mencionados. El Estado Peruano se vio obligado an implementar las modificaciones necesarias a la normativa previa a la Ley de Concesiones Eléctricas, como se evidencia en la creación del nuevo Código eléctrico nacional (abastecimiento y utilización)..

Debido a que la ingeniería eléctrica abarca múltiples aspectos, la utilización de la energía eléctrica en los sectores domiciliario, comercial e industrial ha sido deficiente, lo que ha provocado un mayor consumo. Sin embargo, esto no era significativo debido a que el estado subvencionaba una parte de la tarifa eléctrica. Cuando se comenzó an eliminar esta subvención, comenzaron a darse cuenta de la necesidad de pagar por el uso de energía eléctrica. Es necesario proporcionar conocimientos generales que nos permitan iniciarnos fácilmente en el entendimiento y la aplicación de los elementos técnico-normativos, lo que permitirá comenzar gradualmente con el desarrollo sostenible en la generación de energía eléctrica.

Cuando se trata de evitar la contaminación, es importante considerar los efectos ambientales que puede producir la generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes convencionales (como el petróleo, el carbón y otros). Por lo tanto,

debemos considerar otras formas de generar energía sin utilizar recursos no renovables y, en particular, no contaminar. Si pensamos en un Desarrollo Sostenible, también debemos considerar la generación de energía utilizando recursos renovables, como la generación de energía a través del sol, que se conoce como "no convencionales".

El trabajo desarrollado aquí será muy útil para el estudiante como texto de consulta, ya que proporcionará información variada sobre cómo utilizar las normas peruanas y internacionales para el impacto de la generación de energía a través del viento, conocida como energía eólica.

1.1.2. Antecedentes de la Investigación

La investigación actual se basa en estudios previos internacionales, nacionales y locales que abordan los problemas planteados en este estudio

Antecedentes Internacionales

Fartash et al. (2021), tuvo como finalidad identificar la difusión, creación del conocimiento sobre las energías renovables en Irán, se realizan análisis para establecer la influencia de los medios gubernamentales. Los hallazgos demuestran que no hay instituciones que puedan influir en la población en cuanto al reconocimiento y uso de las energías renovables, así como la falta de cooperación, ONGs, organizaciones científicas y comerciales que puedan crear conocimiento y difundir tecnologías en las energías renovables.

Romero et al. (2020), en su estudio buscó identificar y clasificar las principales barreras que afectan a la energía renovable como lo es la energía eólica y solar. El estudio utiliza una revisión de documentos y una encuesta a los diversos profesionales, luego de los análisis se llegó a la conclusión que el principal inconveniente para difundir estos sistemas son los financiamientos por parte del estado, las políticas de energías renovables no están descentralizadas, no hay regulación de leyes y un real interés por parte del estado para invertir en este rubro tan necesario.

Roque et al. (2018), donde se buscó determinar la eficacia del uso de energía en un parque eólico a través del medidor *Weather Research Forecast* (WRF), para establecer la velocidad del viento y realizar pronósticos de energía. Los resultados evidenciaron, una recepción de mejores valores del viento, también se encontró luego de los análisis y el uso de la correlación de Pearson que el pronóstico de energía producida es el adecuado y este modelo es el adecuado para las características del viento local

Antecedentes Nacionales

Moreto (2020), buscó identificar el potencial eólico en Frías (Ayabaca) donde analizaron la velocidad del viento promedio de 8.704 m/s, con una predominancia de Este a Oeste, además se pudo establecer que la producción de energía eléctrica seria de 22.668,75 KW-h/ año. En ese sentido se concluye que el potencial eólico de la zona de Frías es el adecuado para el establecimiento de este tipo de metodología y el aprovechamiento del mismo.

Byll (2019), en su investigación del tipo transversal, descriptivo, experimental, donde se buscó determinar ¿De qué manera la energía eólica mejora la calidad de vida de los habitantes de Llicua Alta, en la ciudad de Huánuco?, llegándose a la conclusión que aprovechar de manera eficiente los recursos eólicos tendrá un gran impacto en la mejora de la calidad de vida de los individuos. No se encontró inconveniente alguno por parte de las personas o de otros factores así que la implementación de este sistema es perfectamente viable.

Torres y Moreno (2018), buscaron estimar el potencial eólico en el Consejo popular de Cojimar, se analizaron datos, referencias y predicciones. Luego del análisis de la información que se pudo recabar se estima que existe potencial eólico en con energía suficiente para funcionar tecnología de turbinas de mediano y pequeño tamaño, además de poder crear sistema de tipo hibrido para fomentar el uso de recursos renovables, con estos métodos se puede ahorrar gastos y reducir la emanación de gases invernadero.

Linares et al. (2016), en su investigación buscó establecer si es sostenible económicamente y ambientalmente el uso de un aerogenerador en una residencia familiar. Luego de los análisis reportados a nivel económico su uso no estuvo muy indicado debido a los costos en los aparatos y repuestos para la puesta en marcha de estos dispositivos. Asimismo, el aprovechamiento de la energía producida fue de nivel medio, en el rubro de bajos niveles de contaminación su producción fue la adecuada, la producción, eficiencia y el uso de energías renovables lo convierten en un sistema eficaz y adecuado para su uso en la comunidad

Los siguientes términos se definen como las bases teóricas que sustentaron nuestra investigación:

El viento es un recurso eólico que se ha utilizado desde hace mucho tiempo para producir energía eólica. Esto se debe al desplazamiento del aire debido a la variación del calor en la tierra. Estos cambios de circulación hacen que existan áreas más cálidas, lo que provoca el desplazamiento de transferencia de calor en la atmósfera. El aire cálido sube y transporta aire frígido de una zona cercana, que baja su temperatura a medida que sube.

La utilización del viento: la energía del viento se produce gracias a la luz del sol, que se absorbe por el suelo y se transforma en energía térmica. Hay una disminución de energía durante los procesos de transformación, lo que resulta en que solo el 56% de la energía del viento se puede extraer, según la teoría de Betz (Byll, 2019, p. 34).

La velocidad del viento, la estabilidad del viento es discontinua y casual, tiene una relación directa con las presiones y su actividad está relacionada con la rotación del planeta. La velocidad del viento cambia de manera aleatoria en sentido, dirección y módulo porque es una magnitud vectorial. Las velocidades promedias oscilan entre 3 y 7 m/s, y la topografía y la altitud son los factores que determinan si los datos son mayores o menores (Mur, 2003,

La distribución de direcciones del viento es crucial para la ubicación de un generador eólico en una región con inestabilidad de direcciones del viento, a la que el sistema guía del generador debe responder para obtener energía cinética.

El potencial eólico se define como la rapidez con la que el viento fluye de un área de alta presión hacia la inversa, lo que permite su uso para producir energía eléctrica. También se menciona que estas áreas son ideales para explorar in situ en el futuro y que podrían ser interesantes para la construcción de aerogeneradores o parques eólicos (Atlas Eólico del Perú, 2016, p. 31).

La rugosidad es un factor importante porque se puede medir el suceso morfológico de la demarcación que circula el aerogenerador con relación a la velocidad del viento.

La energía eólica, es adquirida gracias a la cinética del viento, generada por la diferencia de grados de temperaturas en diferentes zonas territoriales, que hace que entren en marca las palas del aerogenerador, haciendo que circule la turbina dando como resultado la energía eléctrica; el espacio donde se desarrolla este sistema tiene como nombre parque eólico conformado por un conjunto de generadores eólicos instaladas al suministro eléctrico (Osinergmin, 2019, p. 26). Generador horizontal, contienen un punto de giro que esta paralelo al suelo, son tecnologías que han contribuido, ya sea por su estabilidad, nivel de creatividad y suficiencia al ajustarse a distintas potencias, los aerogeneradores contienen un eje principal que se encuentra a lado superior de la torre, su función es afrontar el potencial de viento directamente, por otra parte los aerogeneradores de menor potencia se orientan a través de una veleta, y los de mayor potencia por un detector de orientación a través de los servomotores. Conociendo que las aspas tienen una baja ligereza de revolución y que su mayor proceso requiere una caja reductora para aumentar esa velocidad (Gonzáles, 2015, p. 23).

1.3 Formulación del problema

1.3.1. Problema general:

PG1: ¿Resulta ser Marcona la zona con un potencial eólico suficiente para la generación de energía eléctrica?

1.3.2. Problemas Específicos

PE1.- ¿Existe en Marcona un área específica adecuada para la implementación de un parque eólico?

PE2.- ¿Cuáles son los alcances de proyección satisfactoria de demanda energética?

PE3.- ¿Cuál es el potencial eólico en la generación de energía eléctrica en la ciudad de Marcona 2021?

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación

El desarrollo de la presente investigación, tiene relevancia debido a que el uso de energía eólica será un beneficio para las personas que residen en la ciudad de Marcona, además, con las nuevas políticas sobre el uso y conservación de los recursos naturales, servirá como precedente para otras propuestas que realicen otros investigadores.

Aprovechando el poder del viento, se podría brindar energía eléctrica a estas personas, mejorando su calidad de vida, disminuyendo sus riesgos de salud y generando una fuente.

Existe una gran demanda poblacional, la cual crea necesidad de energía eléctrica para satisfacer la demanda de la zona o regional o nacional, en el uso de aparatos electrodomésticos, alumbrado público, talleres de metal mecánica, empresa minera SHOUGAN, entre otros.

Se proyecta la necesidad de implementar plantas de tratamiento y conversión del agua de mar, en agua potable.

1.4.2 Delimitación de la Investigación

En esta investigación se centrará en el diseño de un sistema fotovoltaico, considerando las horas de sol por observación directa y datos obtenidos de SENAMI; para el levantamiento topográfico se usó Google Earth, también la determinación de cálculos de parámetros hidráulicos para calcular la potencia de la bomba, cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, elaboración de planos, tomando el promedio de algunos datos de irrigación por planta y horas de riego al día de la investigación para cálculo de caudal, y determinar su presupuesto para evaluar el

VAN, TIR y B/C del sistema para ver la factibilidad de la propuesta presentada en esta investigación

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar el potencial eólico en la generación de energía eléctrica en la ciudad de Marcona 2021.

1.5.2 Objetivos específicos

OE1: Evaluar el nivel de conocimiento de la población con respecto al uso de la energía eólica en la ciudad de Marcona 2021

OE2: Estructurar la gráfica de la rosa de los vientos para determinar la velocidad y la dirección del viento en la ciudad de Marcona 2021.

OE3: Realizar la medición de la densidad del viento en la ciudad de Marcona 2021.

1.6 Hipótesis y variables de la investigación

1.6.1 Hipótesis

Hipótesis general:

El potencial eólico es significativo para la generación de energía eléctrica en la ciudad de Marcona 2021

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

2.1 Tipo, Nivel y Diseño de Investigación:

2.1.1 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo cuantitativo porque se recopilaron datos de las pruebas de campo con mediciones numéricas y luego se analizaron mediante métodos estadísticos para probar nuestra hipótesis.

Además, se utilizó porque se emplearon los conocimientos necesarios y la tecnología para solucionar la problemática social.

El objetivo de la investigación fue aplicar la teoría de la energía eólica a la producción de energía eléctrica mediante el uso de un aerogenerador. Además, se utilizó un anemómetro para monitorear el comportamiento potencial de la energía eólica.

2.1.2 Nivel de Investigación

El trabajo de investigación se enmarca en el nivel descriptivo correlacional porque presenta las características de las variables para confrontarlas con la hipótesis de la investigación a la realidad.

2.1.3 Diseño de Investigación

El diseño de nuestra investigación fue experimental de enfoque cuasi experimental porque se empleó deliberadamente al menos una variable independiente para ver cómo afectaba a la variable dependiente. Además, los grupos estudiados se conformaron previamente al experimento y no fueron elegidos al azar. Según Hernández, Fernández y Baptista, en 2017, se encuentra en la página 155.

2.2 Variables de estudio

X1: Variable independiente: Potencial eólico.

Y1: Variable dependiente: Generación de energía eléctrica.

La tabla de operaciones (ver Anexo 1).

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Es el potencial eólico, identificado por los estudios previos de Atlas Eólico del Perú 2016, Ica.

2.3.2. Muestra

Son cuatro puntos que forman un rectángulo de largo 200 metros y de ancho 100 metros, elegidos por juicio propio de los investigadores.

2.3.3 Muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico porque la elección de la muestra se basó en criterios que cumplieron con nuestra investigación, como rugosidad, altitud y referencias de estudios previos.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: Es el medio empleado para poder recolectar los datos de la muestra. (Arias, 2020, p. 9)

En el estudio se hizo uso de la observación, para registrar el comportamiento del potencial eólico y la producción de energía eléctrica en cada punto.

Instrumentos: Las herramientas básicas que se utilizan para registrar la data de la muestra son los instrumentos. (Arias, 2020, página 10)

En la investigación se utilizó el instrumento de ficha de recolección de datos para registrar el potencial eólico necesario a través del anemómetro y generar energía eléctrica a través del controlador de carga.

2.5. Procedimientos

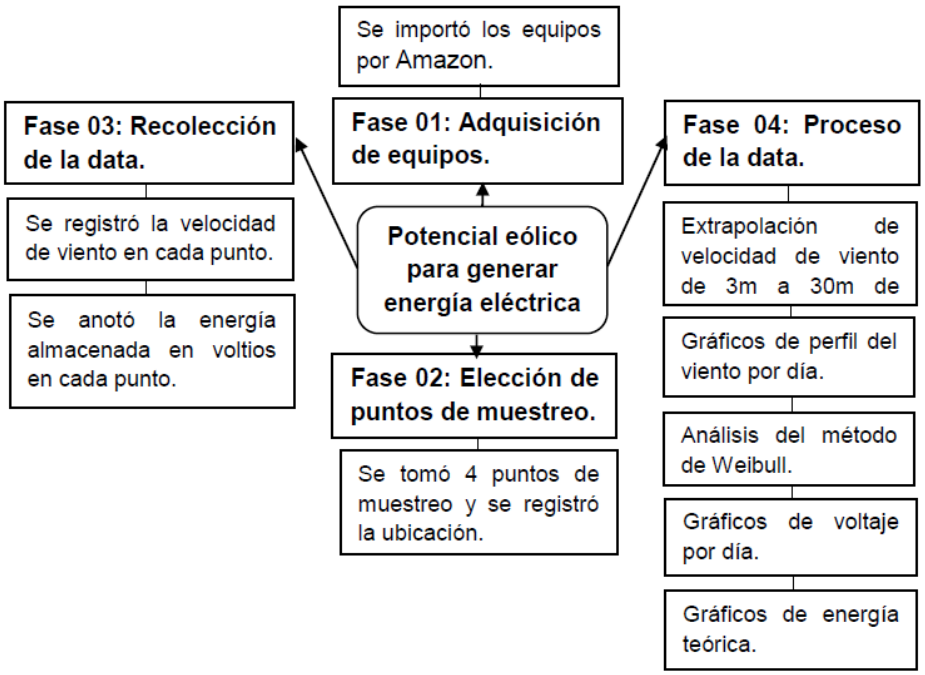

Fig. 1. Procedimiento

Ubicación del parque eólico San Juan de Marcona.

Situado en la costa sur del Perú, en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica. Está an unos 7 kilómetros de la carretera panamericana sur y a 10 kilómetros de la ciudad de San Juan de Marcona.

Fig. 2 Ubicación del parque Eólico San Juan de Marcona

Ubicación de los aerogeneradores

Descripción:

Fase 01: Adquisición de equipos.

Se utilizaron un aerogenerador, un controlador de aerogenerador, un controlador de carga, un anemómetro y una batería, todos los cuales fueron importados a través de la empresa virtual Amazon para recopilar datos.

Fase 02: Elección de puntos de muestreo.

Cada punto fue elegido por su ubicación y se registró en un rectángulo de 200 metros de largo y 100 metros de ancho. Se tomaron cuatro puntos por juicio propio, se tomaron en cuenta criterios como la rugosidad, altitud y estudios previos del Atlas Eólico del Perú 2016.

Fase 03: Recolección de la data.

En cada punto, durante 5 días, de lunes a viernes, de 10 an 18 horas, se registró cada hora con el instrumento de ficha de recolección de datos, se registró la velocidad del viento con el anemómetro y se almacenó energía con el controlador de carga. Finalmente, la energía obtenida durante el día a través del aerogenerador se utilizó para actividades básicas durante la noche.

Fase 04: Proceso de la data.

Es la fase final de la investigación, que consistió en procesar los datos recopilados entre los cuatro puntos durante 20 días utilizando el software estadístico Excel:

La fórmula de la Ley de Hellmann se utilizó para extraer la velocidad de viento de 3 metros a 30 metros de altura. Se requieren datos de velocidad de viento de 3 metros de altura de todos los días de muestreo, y el coeficiente de rugosidad se calculó en 0,14, lo que indica espacios llanos (costa y mar).

El gráfico de perfil del viento por día en cada punto muestra el comportamiento del potencial eólico durante el intervalo de 10 a 18 horas de muestreo, que depende de las condiciones climáticas y la altura en m.s.n.m. de cada punto.

Los gráficos de análisis de Weibull muestran la mayor probabilidad de frecuencia de velocidad de viento y el potencial eólico en W/m2 por área expuesta al viento en un período de 10 a 18 horas, a alturas de 3 y 30 metros, utilizando el método con toda la información de velocidad de viento de los cuatro puntos (Atlas Eólico del Perú, 2016, p. 34).

Los gráficos de voltaje por día en cada punto muestran el comportamiento de la generación de energía durante el período de muestreo de 10 a 18 horas, que depende de la velocidad del viento y de la eficiencia de los equipos utilizados.

Los gráficos de energía teórica se obtienen utilizando la fórmula de potencia aprovechable. Se requieren datos para un aerogenerador con un radio de rotor de 0,55 metros, una altura de torre de 3 metros, un aerogenerador con un radio de rotor de 10 metros, una altura de torre de 30 metros y una densidad del aire de 1,225 kilogramos por metro cúbico. Los cálculos se realizaron utilizando todos los datos de velocidad del viento de los cuatro puntos.

El Proyecto incluye la edificación y operación de una planta de generación de energía eólica con 33 aerogeneradores, una Subestación Eléctrica del Parque Eólico San Juan — Marcona, ubicada en la Región Ice, así como otras obras adicionales necesarias.

Además, incluye una Línea de Transmisión Eléctrica (LT) con un nivel de tensión de 220 kV y una longitud de 32.5 km que conectará la Subestación Eléctrica del Parque Eólico San Juan (SE - PE San Juan) con la Subestación Eléctrica Marcona existente de 220 kV, que está conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

El parque eólico tendrá una potencia instalada de 108.9 MW. El proyecto se encuentra en el distrito de Marcona, que pertenece al departamento de Lea en la provincia de Nasca. La ubicación política del Proyecto se muestra en el siguiente mapa.

Las tablas con las coordenadas UTM de referencia (DATUM WGS84, HUSO 18 Sur) del área del parque eólico, los aerogeneradores, la subestación elevadora y la línea de transmisión muestran donde se ubican los postes y los aerogeneradores, según lo previsto en el Proyecto del Parque Eólico.

Tabla N° I Valor de coordenada de sus vértices del proyecto

VÉRTICES DEL ÁREA DE PROYECTO Coordenadas UTM - WGS 84 Huso 18 L		
Vertices	Este	Norte
A	479464.85	8168994.39
B	486174.19	8244204.16
C	486164.15	8198186.35
D	486572.56	8297427.35
E	487212.67	8296888.87
F	488249.53	8297383.95
G	489541.05	8296657.12
H	491235.50	8195913.30
I	490886.03	8295558.63
J	491904.24	8294428.92
K	492888.11	8296602.03
L	492419.55	8292903.30
M	492187.00	8295012.25
N	491535.72	8295522.09
O	491294.94	8294833.37
P	490723.75	8294889.99
Q	490276.22	8294839.94
R	489857.16	8295264.12
S	488791.20	8295650.35
T	488739.56	8295885.05

Vértices del Área de Proyecto Coordenadas UTM - WGS 84 Huso 18 L		
Vértice	Este	Norte
U	487493.32	8296487.27
V	486775.45	8296820.46
W	486331.98	8296790.90
X	485708.96	8297036.08
Y	485109.32	8296999.69
Z	484628.08	8298429.38

Tabla N° II Valor de coordenadas del aerogenerador empleados

Aerogenerador	Coordenadas UTM - WGS 84 Huso 18 L de los Aerogeneradores	
	Este	Norte
1	484801	8298236
2	484944	8298406
3	485081	8298570
4	485207	8298720
5	485335	8298873
6	485145	8297137
7	485278	8297289
8	485389	8297438
9	485521	8297588
10	485633	8297737
11	485792	8297886
12	485897	8298036
13	486033	8298185
14	486328	8296938
15	486542	8297042

Aerogenerador	Coordenadas UTM - WGS 84 Huso 18 L de los Aerogeneradores	
	Este	Norte
27	490461	8295050
28	490587	8295199
29	490738	8295375
30	491543	8294556
31	491707	8294721
32	492511	8293807
33	492675	8293972

.

La Necesidad de La Energía Eólica

Actualmente, la energía eólica es una herramienta insuperable para proporcionar energía a millones de personas, generando decenas de miles de empleos en las zonas de implantación y progresando rápidamente en una industria tan joven. 33 k En el trabajo destacamos las ventajas irresistibles de la energía eólica.:

- Protección al medio ambiente,

- Crecimiento económico,
- Creación de puestos de trabajo,
- diversidad en el suministro de energía,
- rápido despliegue,
- innovación y transferencia de tecnología.

El combustible no cuesta nada, es abundante y no se agota. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estos beneficios siguen sin ser utilizados. La energía eólica se encuentra en desventaja en la mayoría de las decisiones energéticas actuales, ya que no se tiene en cuenta.

Existe un acuerdo global sobre el cambio climático que indica que continuar como se ha hecho hasta ahora no es viable y que se requiere un cambio hacia una economía basada en energía renovable.

Algunos sostienen que enfrentar el cambio climático es un desafío desalentador y que el cambio tiene un costo excesivo para las economías y las industrias. En este campo de batalla en busca de soluciones, la energía eólica es una de las mejores alternativas como respuesta al estancamiento y al retraso: es una fuente energética mundial, accesible, común y viable, capaz de sustituir a los combustibles fósiles.

Ubicación de los aerogeneradores

Tabla III. UTM de ubicación de los aerogeneradores

PE. SAN JUAN 135.7 MW				
Código UTM de AEROGENERADORES	Datum WGS 84 Huso 18L		Datum PSAD 56 Huso 18L	
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
SJ-01	484,775.00	8,298,258.00	485,007.54	8,298,618.17
SJ-02	484,999.00	8,298,467.00	485,231.54	8,298,827.18
SJ-03	485,222.00	8,298,676.00	485,454.55	8,299,036.18
SJ-04	485,445.00	8,298,884.00	485,677.55	8,299,244.18
SJ-05	485,608,00	8,297,112.00	485,840.55	8,297,472.15
SJ-06	485,782.00	8,297,305.00	486,014.56	8,297,665.16
SJ-07	485,957.00	8,297,499.00	486,189.56	8,297,859.16
SJ-08	486,132.00	8,297,693.00	486,364.56	8,298,053.16
SJ-09	486,306.00	8,297,886.00	486,538.56	8,298,246.17
SJ-10	487,410.00	8,296,623.00	487,642.58	8,296,983.14
SJ11	487,618.00	8,296,789.00	487,850.59	8,297,149.15
SJ-12	487,826.00	8,296,956.00	488,058.59	8,297,316.15
SJ-13	488,033,00	8,297,122.00	488,265.59	8,297,482.15

SJ-14	488,241.00	8,297,288.00	488,473.60	8,297,648.16
SJ-15	488,942.00	8,295,917.00	489,174.61	8,296,277.13
SJ-16	489,148.00	8,296,194.00	489,380.61	8,296,554.14
SJ-17	489,354.00	8,296,472.00	489,586.62	8,296,832.14
SJ-18	490,100.00	8,295,101.00	490,332.63	8,295,461.12
SJ-19	490,260.00	8,295,301.00	490,492.63	8,295,661.12
SJ-20	490,421.00	8,295,500.00	490,653.63	8,295,860.13
SJ-21	490,582.00	8,295,700.00	490,814.64	8,296,060.13
SJ-22	491,606.12	8,294,777.17	491,838.78	8,295,137.28
SJ-23	491,800.00	8,294,995.00	492,032.66	8,295,355.12

Punto de conexión al SEIN

La barra de 220 KV de la Subestación (SE) Marcona es el punto de referencia para conectar el Parque Eólico (PE) San Juan al sistema eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Esta barra está compuesta por dos tramos, la primera propiedad del REP y el segundo propiedad de ABENGOA, y es allí donde finalmente se llevará a cabo la ampliación para conectar el proyecto.

El proyecto prevé la construcción de una línea de transmisión aérea de 220 KV y 32.942 km de longitud que conectará la subestación eléctrica del parque (SE. ERSUR 220/33 KV) con la subestación Marcona 220 KV. Se instalará una celda de línea para recibir la llegada de la línea de transmisión de la subestación ERSUR, teniendo en cuenta las ampliaciones previamente planificadas y siempre de manera coordinada con el concesionario y la subestación Marcona.

Por otro lado, la central eólica de Marcona, donde los vientos superan un promedio de 5 m/s, es una de las más importantes porque tiene un mayor potencial para masificar la producción.

Denominación:		Central Eólica Parque Eólico Marcona.
Empresa concesionaria:		Central Eólico Marcona S.R.L. (Cobra Perú).
Tecnología:		Energía Eólica.
Ubicación:		
	Departamento:	Ica.
	Provincia:	Nasca.
	Distrito:	Marcona.
	Altitud:	200 msnm.
Datos Técnicos:		
	Potencia instalada:	32 MW.
	Punto de oferta:	Barra Marcona 220 KW.

Cantidad de aerogeneradores: 11.

Modelo de aerogeneradores: 8-SWT-3,15-108 y 3-SWT-2,3-108.

Transformadores:

Cantidad de transformadores: 11.

Potencia: 2,60 MVA y 3,40 MVA.

Tensión: 0,69 KV/20 KV.

Datos del contrato:

Energía anual ofertada: 148.378 MWh.

Precio de la energía ofertada: 6,55 ctvs. USS/KWh.

Información relevante:

a. El proyecto contempló la instalación de 11 Aerogeneradores (8x3,15 MW +3x2,30 MW).
b. Los 11 Aerogeneradores tienen una tensión de generación de 0,69 KV. Se agrupan en 3 bloques, interconectados entre sí. Luego, cada uno de estos bloques se conecta a la S.E. de la Central Eólica en el nivel de 20 KW. En la S.e. se instaló un transformador 20/220 KV (35 MVA), el cual se conecta a la S.E. Marcona existente.
c. La potencia generada se inyecta al SEIN mediante una L.T. de 31 Km en 220 KV que conecta la S.E. Central Parque Eólico Marcona con la S.E. Marcona existente.
d. La inversión total informada por la concesionaria fue de 61,10 millones de US$.

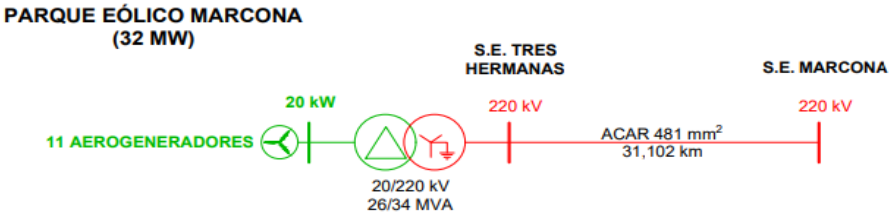

Fig. 3 Diagrama unifilar Marcona

Cimentación para un aerogenerador típico en Marcona

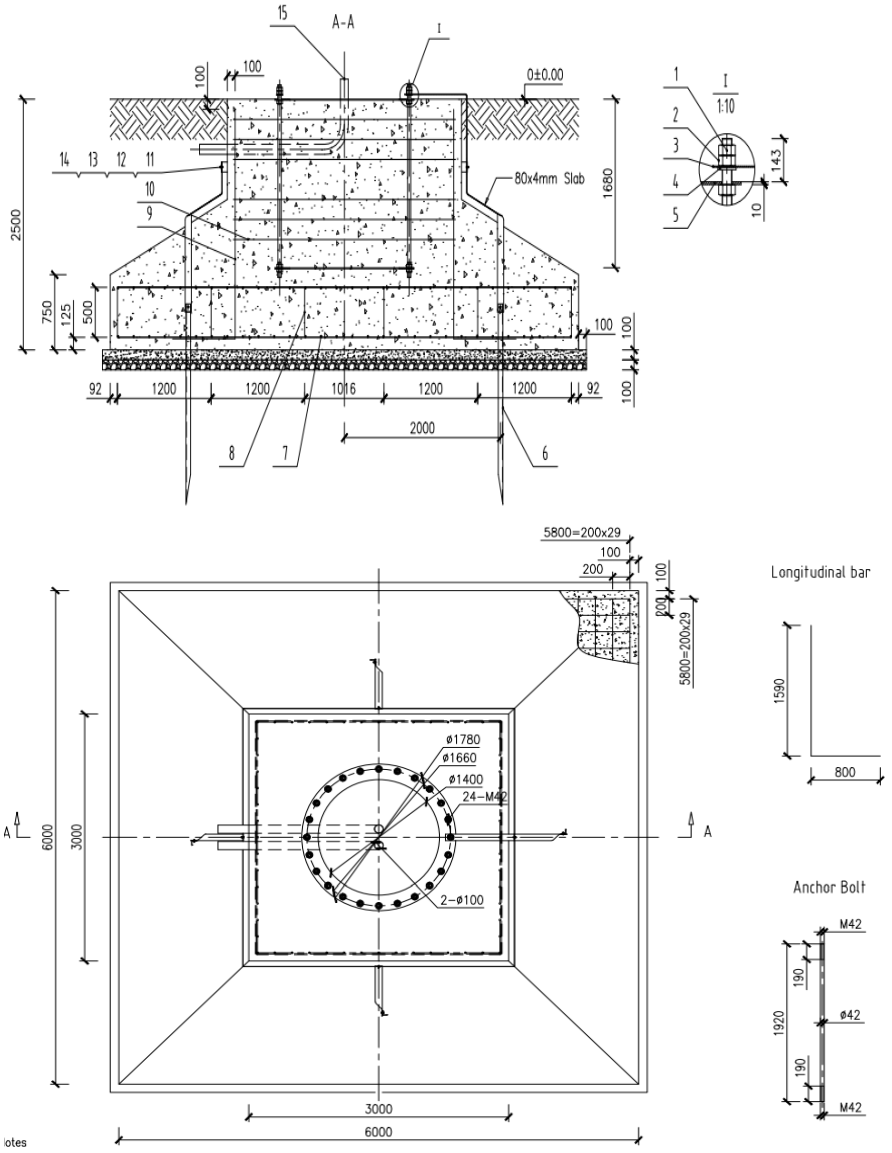

Fig. 4 Cimentación para un aerogenerador típico en Marcona

2.6. Método de análisis de datos

Presentación de datos: En la investigación de recopilación de datos, se utilizó una ficha de recopilación de datos para registrar la velocidad del viento y la energía que se almacenó en cada punto de muestreo.

Análisis de proceso de datos: Después de completar la fase de recopilación de datos, se realizaron trabajos de gabinete en los que se crearon tablas por día para mejorar la presentación de la información. Luego, la información se procesó en Excel, que generó gráficos que fueron interpretados por la estadística descriptiva.

Técnicas para el proceso y análisis de información: Los siguientes resultados fueron proporcionados por Microsoft Excel: Luego se utilizaron estadísticos de interpretación para analizar gráficos de perfil del viento, voltaje, método de Weibull y energía teórica.

2.7. Aspectos éticos

La información utilizada en la investigación se respeta la autoría utilizando citas parafraseadas. Inicialmente, se registró información de varios investigadores donde se identificó el contexto relevante para el tema. Por otro lado, debido a que la investigación se llevó a cabo de manera real, se asegura que los hallazgos son confiables.

IV. RESULTADOS

Los resultados del uso del potencial eólico de Pampas de Reque incluyen la adquisición de datos de velocidad de viento y energía almacenada en 4 puntos durante 5 días en cada uno.

Tabla IV Ubicación de los puntos de muestreo

Nº Punto	**Coordenadas UTM**		**Altitud**
	Este	**Norte**	**(m.s.n.m.)**
P1	633963	923341	63
P2	634016	923425	66
P3	634133	923235	65
P4	634186	923318	68

a recolección de datos se llevó a cabo en el punto de muestreo N°01, que se encuentra en las coordenadas UTM (WGS-84): 633963 - 9237341, a una altitud de 63 metros sobre el nivel del mar. El muestreo se llevó a cabo entre el 12 de septiembre de 2022 y el 16 de septiembre de 2022, de 10 a 18 horas.

La recolección de datos se llevó a cabo en el punto de muestreo N°02, que se encuentra en las coordenadas UTM (WGS-84): 634016 - 9237425, a una altitud de 66 metros sobre el nivel del mar. El muestreo se llevó a cabo entre el 19 de septiembre de 2022 y el 23 de septiembre de 2022, de 10 a 18 horas.

La recolección de datos se llevó a cabo en el punto de muestreo N°03, ubicado en las coordenadas UTM (WGS-84): 634133 - 9237235, a una altitud de 65 metros sobre el nivel del mar. El muestreo se llevó a cabo entre el 26 de septiembre de 2022 y el 30 de septiembre de 2022, de 10 a 18 horas.

La recolección de datos se llevó a cabo en el punto de muestreo N°04, que se encuentra en las coordenadas UTM (WGS-84): 634186 - 9237318, a una altitud de 68 metros sobre el nivel del mar. El muestreo se llevó a cabo entre el 3 de octubre de 2022 y el 7 de octubre de 2022, de 10 a 18 horas

Identificar el potencial eólico para la generación de energía eléctrica:

Análisis de la velocidad del viento en el punto número 1 (3m altura):

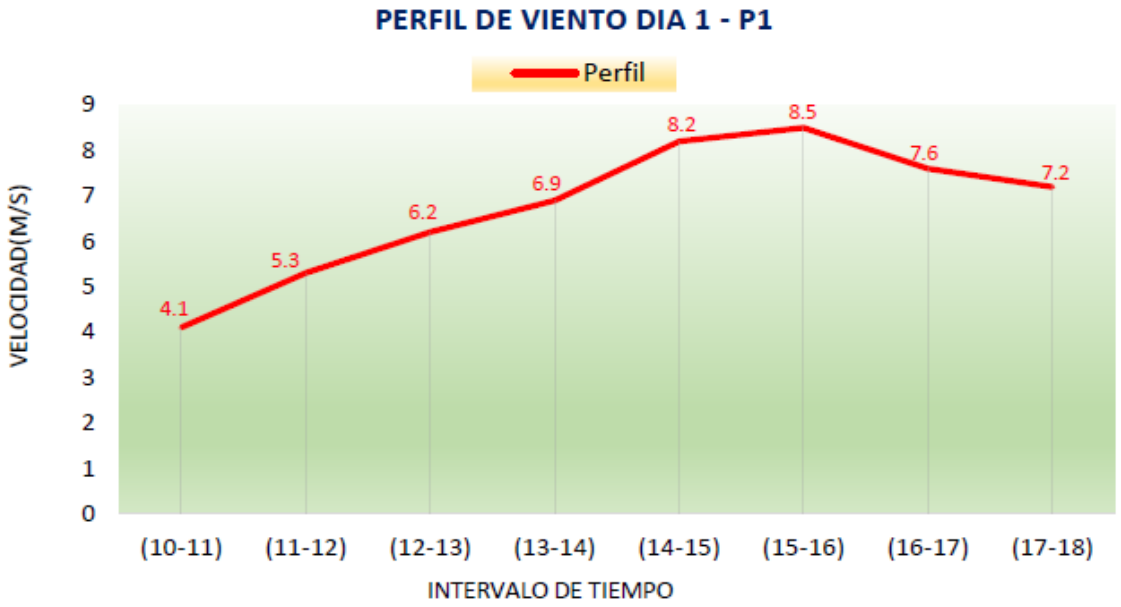

Fig. 5. Perfil de la velocidad del viento día 1-P1

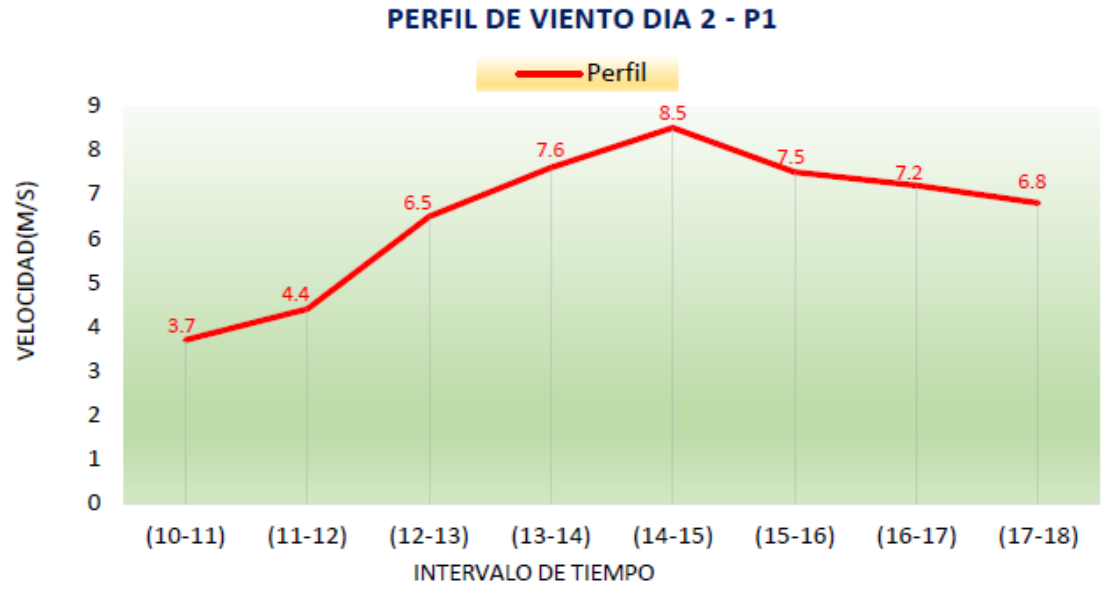

Fig. 6. Perfil de la velocidad del viento día 2-P1

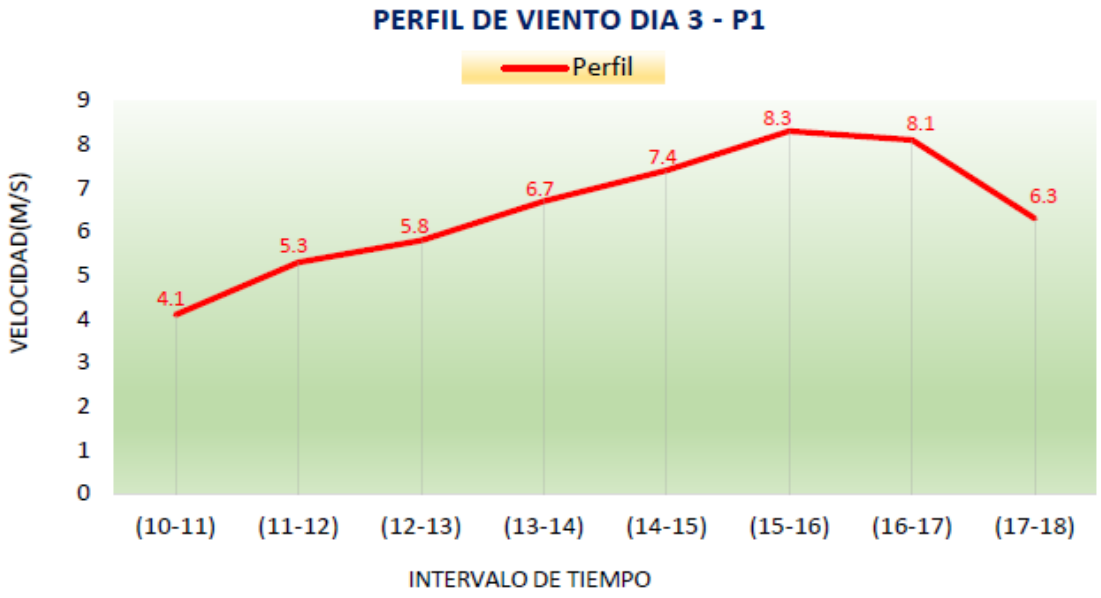

Fig. 7. Perfil de la velocidad del viento día 3-P1

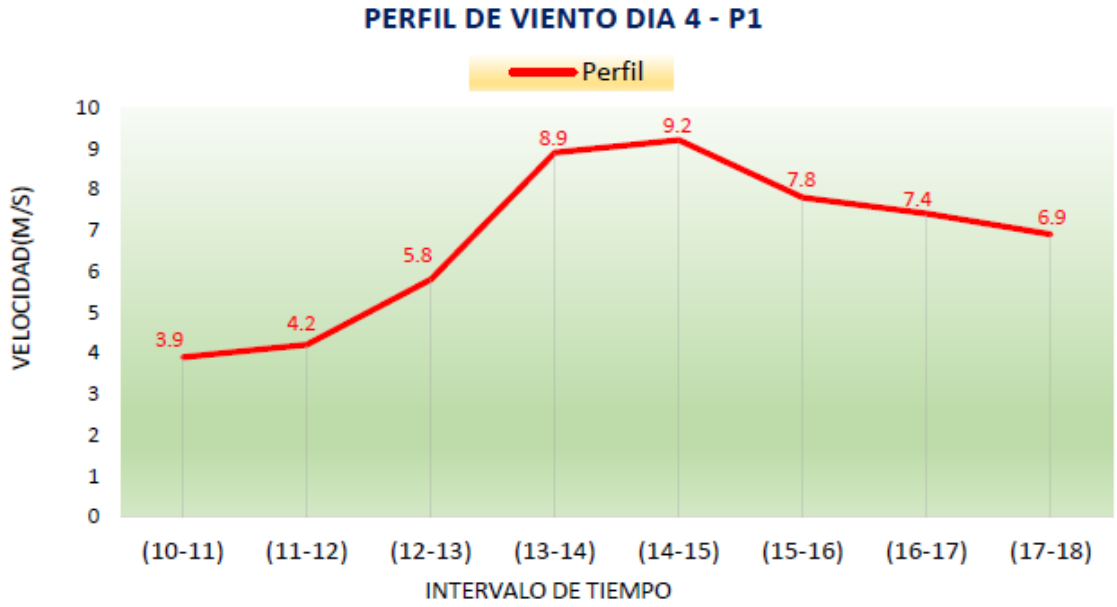

Fig. 8. Perfil de la velocidad del viento día 4-P1

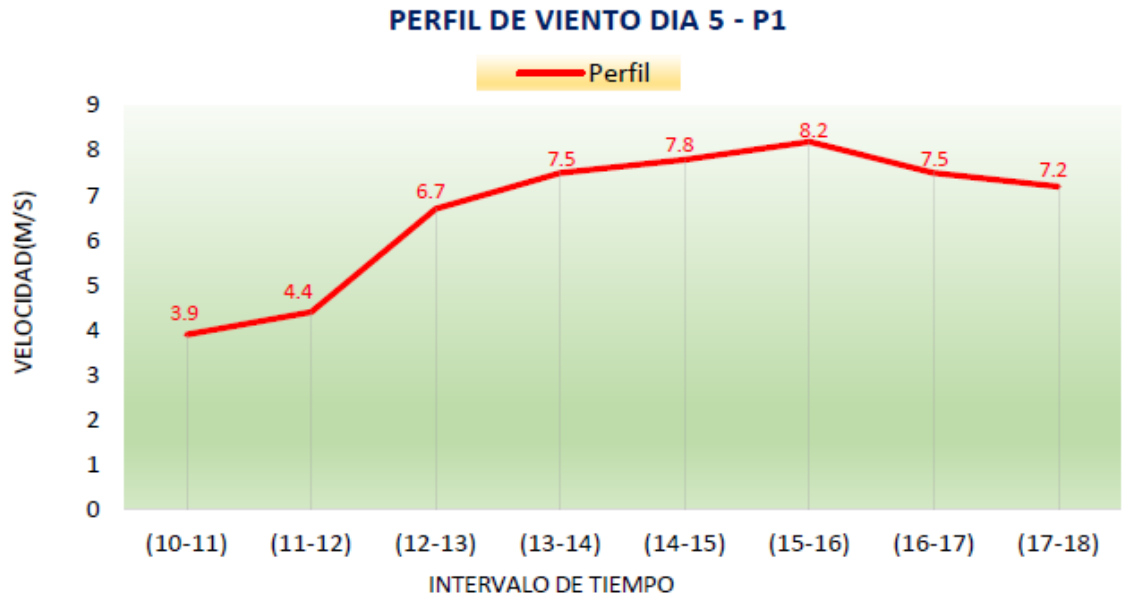

Fig. 9. Perfil de la velocidad del viento día 5-P1

Durante los cinco días de muestreo en el punto N° 01, hay vientos lentos en las primeras horas. Entre las 14 y 16 horas, dependiendo de las condiciones climáticas del día, los vientos son más rápidos. A partir de las 15 o 16 horas, la velocidad disminuye y el mayor potencial ocurre a partir de las 12 o 13 horas.

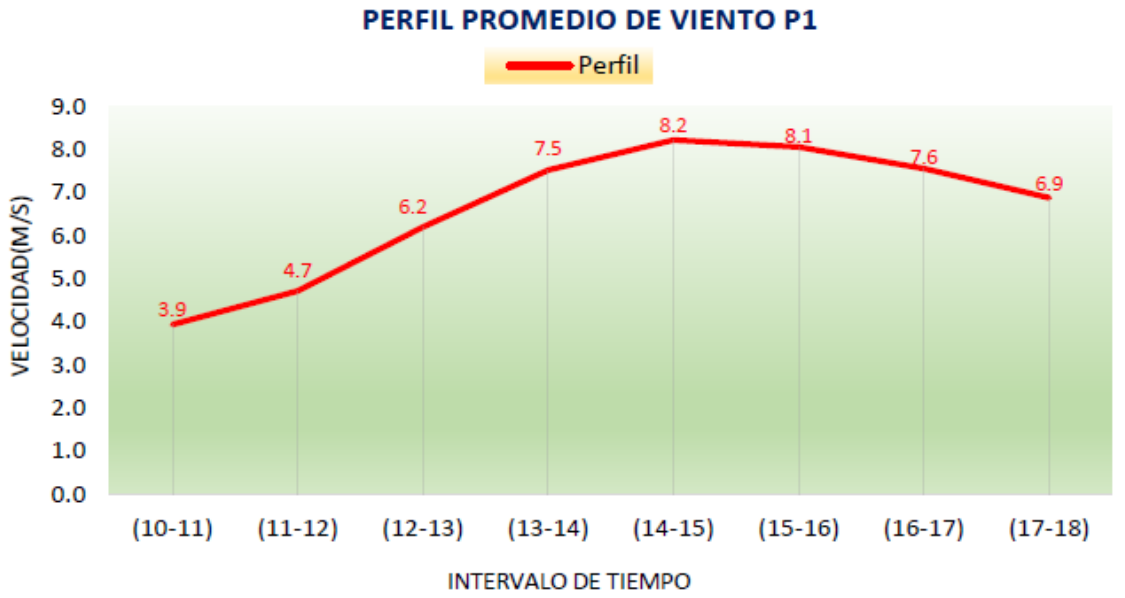

Fig. 10. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 1

En la figura 8, en el punto de muestreo N°1, se promedió la velocidad de viento por cada intervalo de tiempo del total de los días. El viento comenzó con una velocidad promedio de 3,9 m/s en los intervalos de 14 a 15 horas, con 8,2 m/s. Después de 15 horas, comenzó a disminuir la velocidad y el mayor potencial se encontró entre las 12 y 18 horas.

Análisis de la velocidad del viento en el punto número 2 (3m altura):

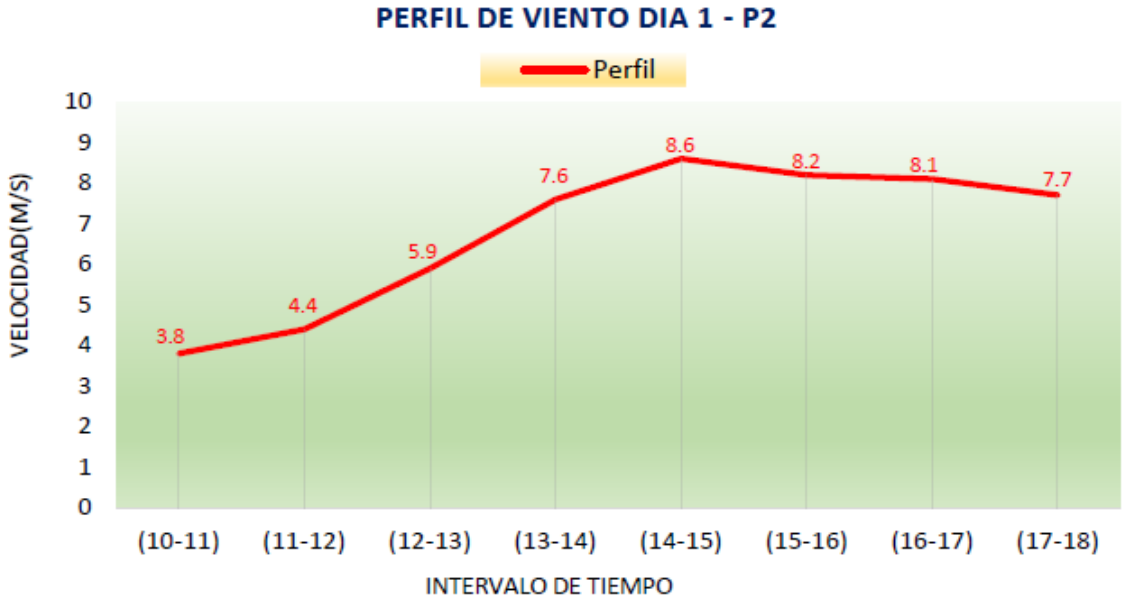

Fig. 11. Perfil de la velocidad del viento día 1-P2

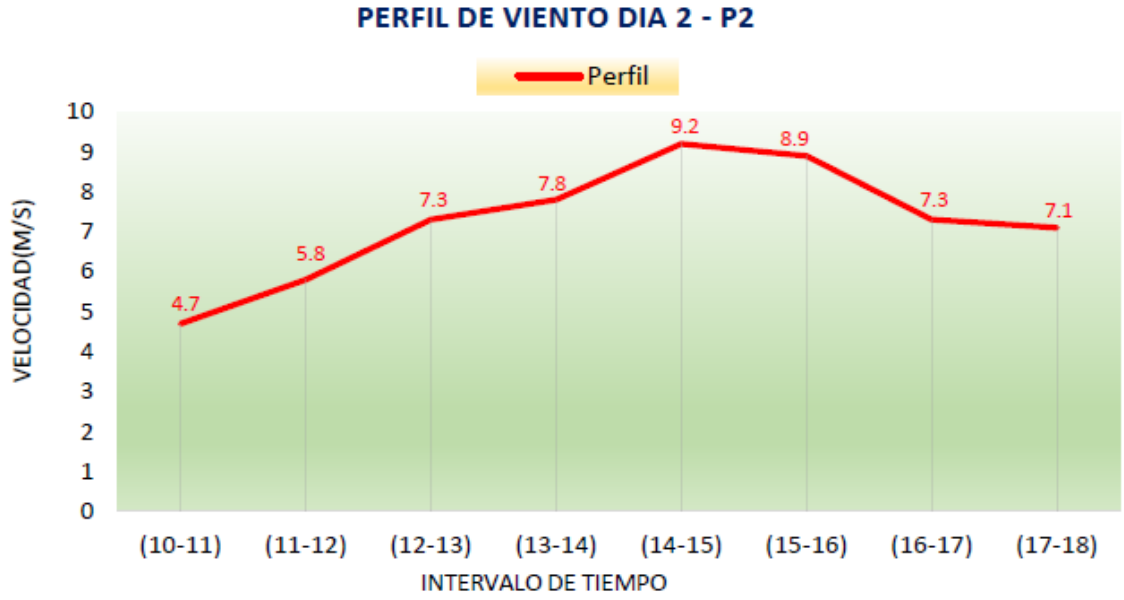

Fig. 12. Perfil de la velocidad del viento día 2-P2

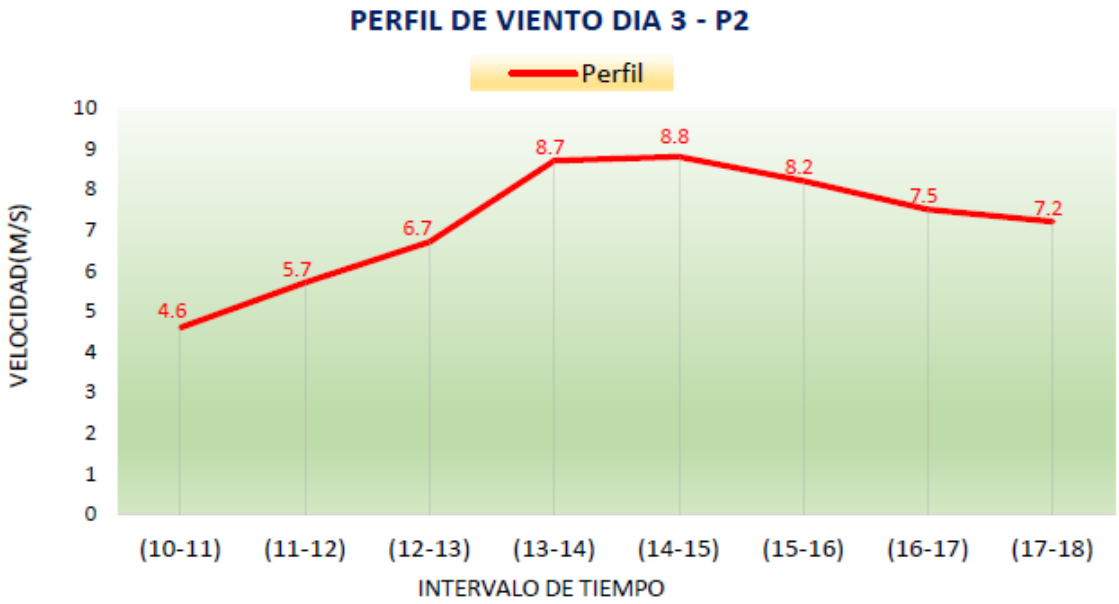

Fig. 13. Perfil de la velocidad del viento día 3-P2

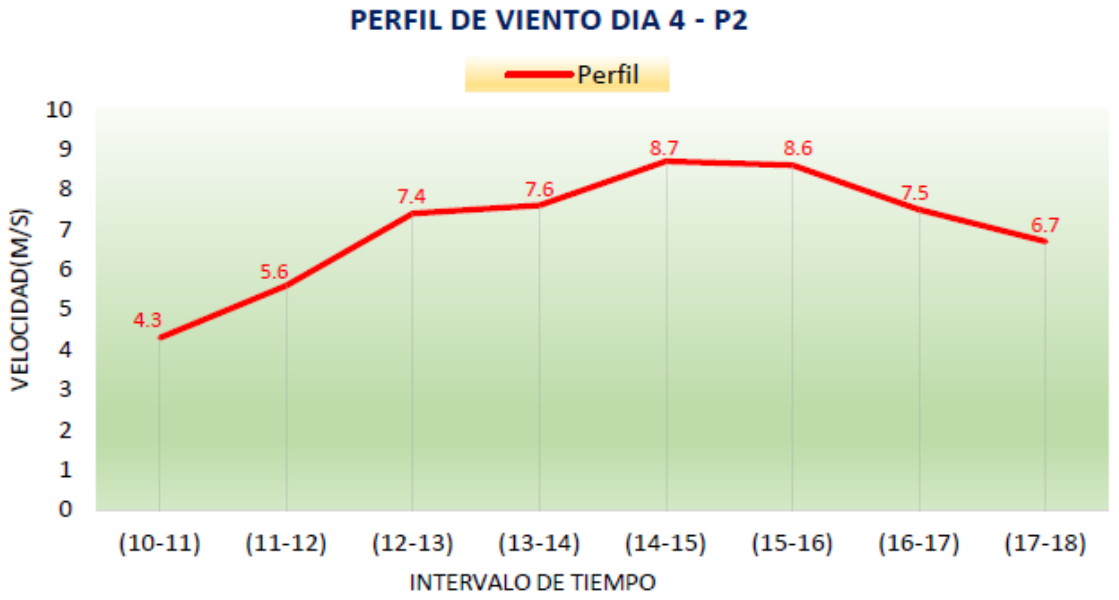

Fig. 14. Perfil de la velocidad del viento día 4-P2

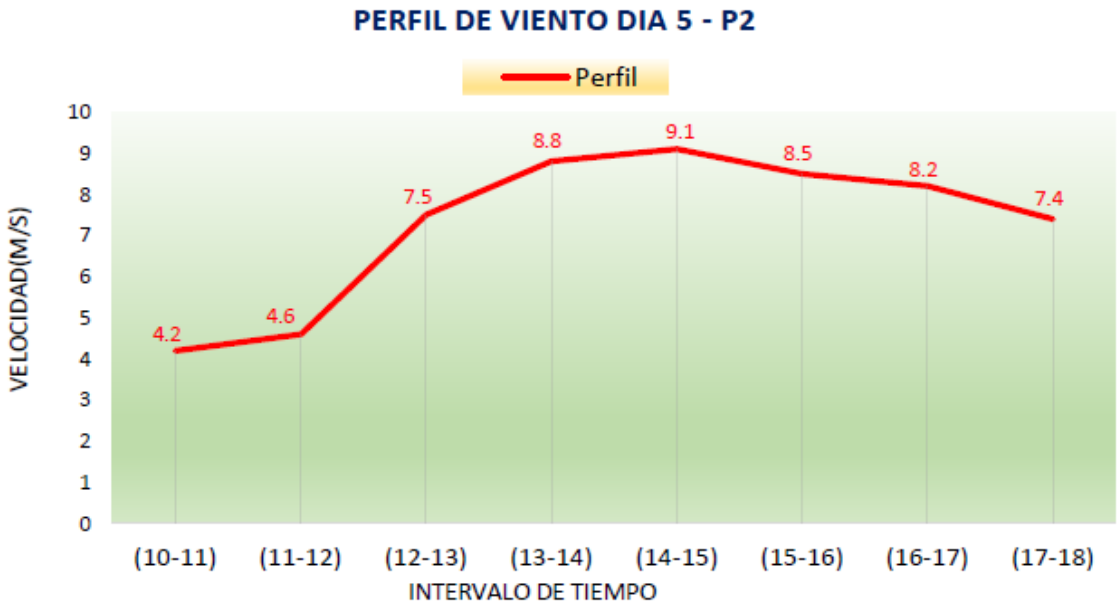

Fig. 15. Perfil de la velocidad del viento día 5-P2

Durante los cinco días de muestreo en el punto N° 02, hay vientos lentos en las primeras horas. Entre las 14 y 15 horas, dependiendo de las condiciones climáticas del día, los vientos son más rápidos. Después de las 15 horas, la velocidad disminuye y el mayor potencial ocurre a partir de las 12 o 13 horas

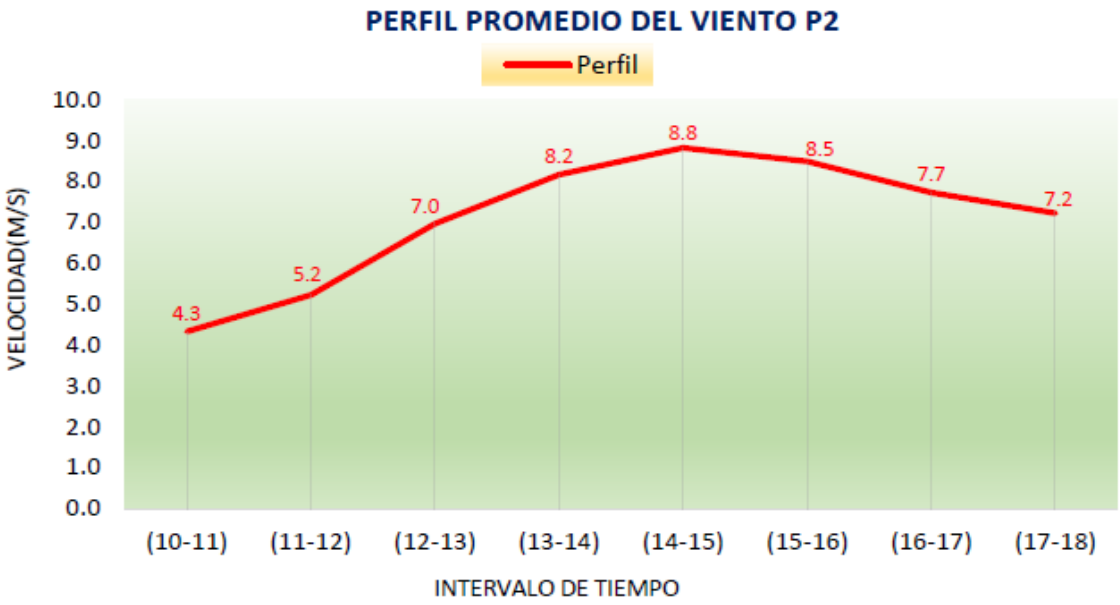

Fig. 16. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 2

En el punto de muestreo N°2, la figura 14 muestra las velocidades de viento promedio por cada intervalo de tiempo del total de los días. El viento comenzó con una velocidad promedio de 4.3m/s y aumentó hasta 8.8m/s en los intervalos de 14-15 horas. A partir de este punto, la velocidad disminuye y el mayor potencial se encuentra entre las 12-18 horas.

Análisis de la velocidad del viento en el punto número 3 (3m altura):

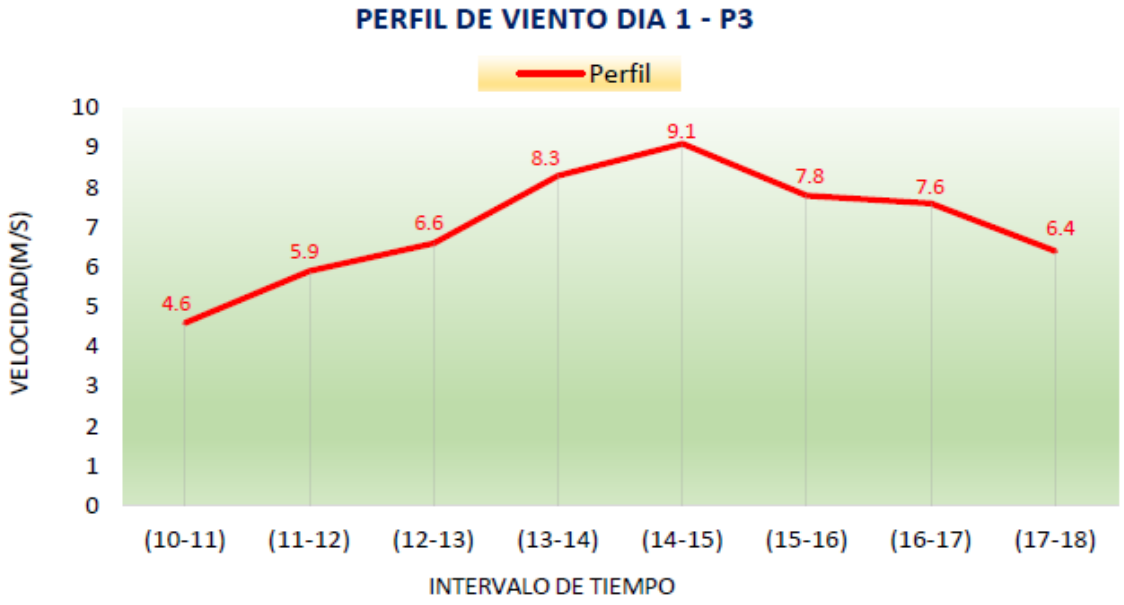

Fig. 17. Perfil de la velocidad del viento día 1-P3

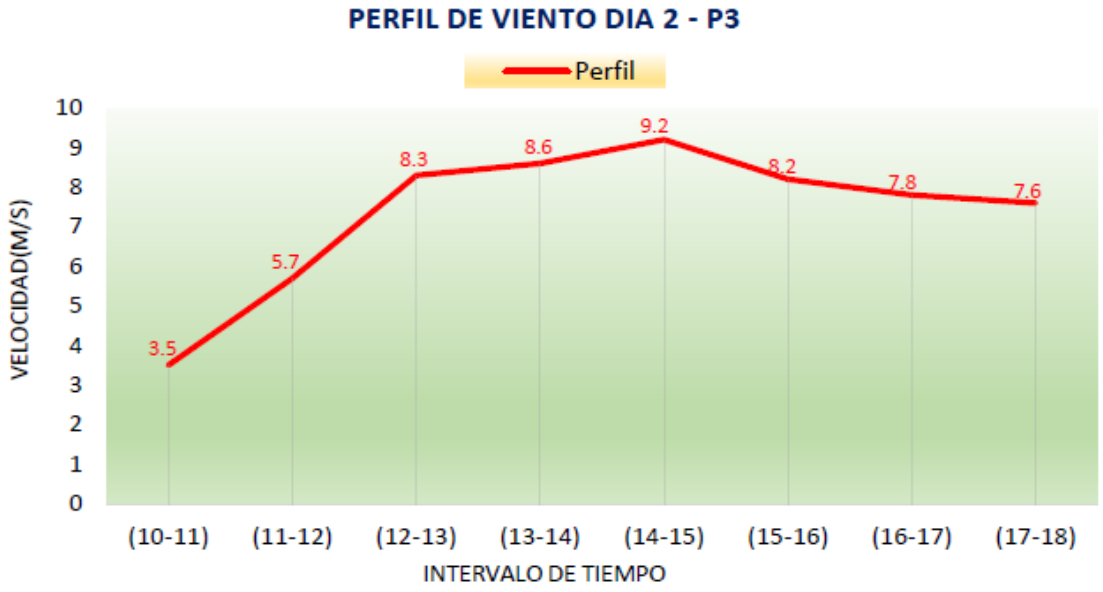

Fig. 18. Perfil de la velocidad del viento día 2-P3

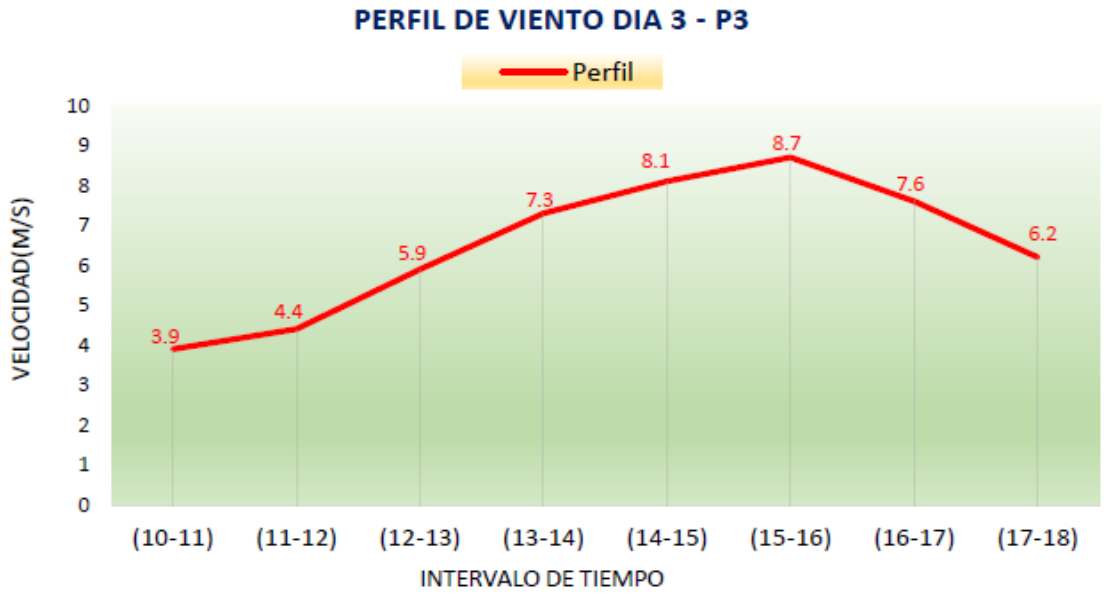

Fig. 19. Perfil de la velocidad del viento día 3-P3

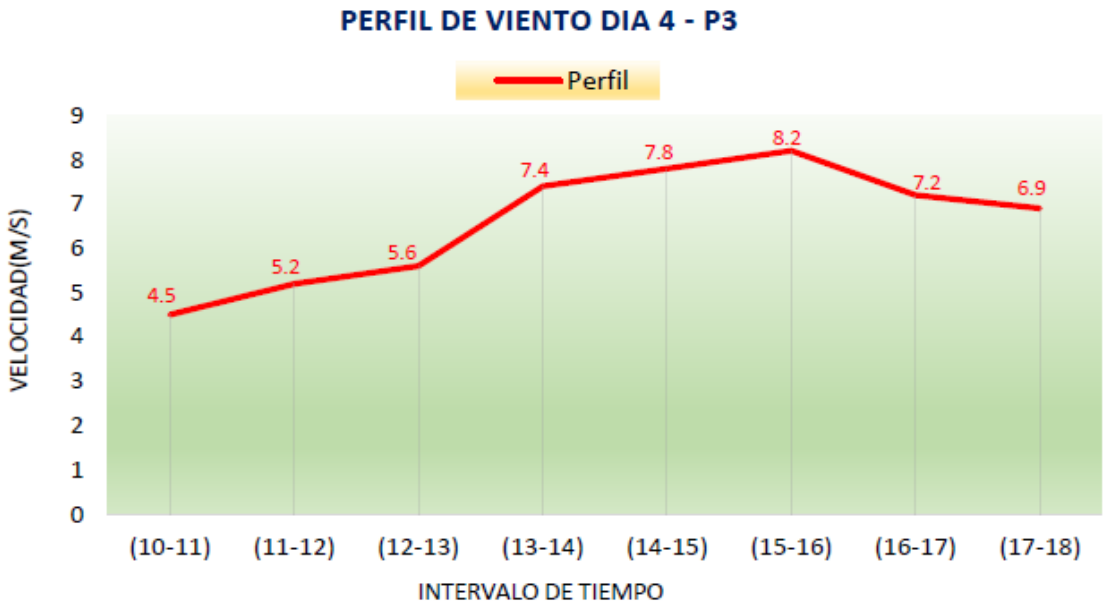

Fig. 20. Perfil de la velocidad del viento día 4-P3

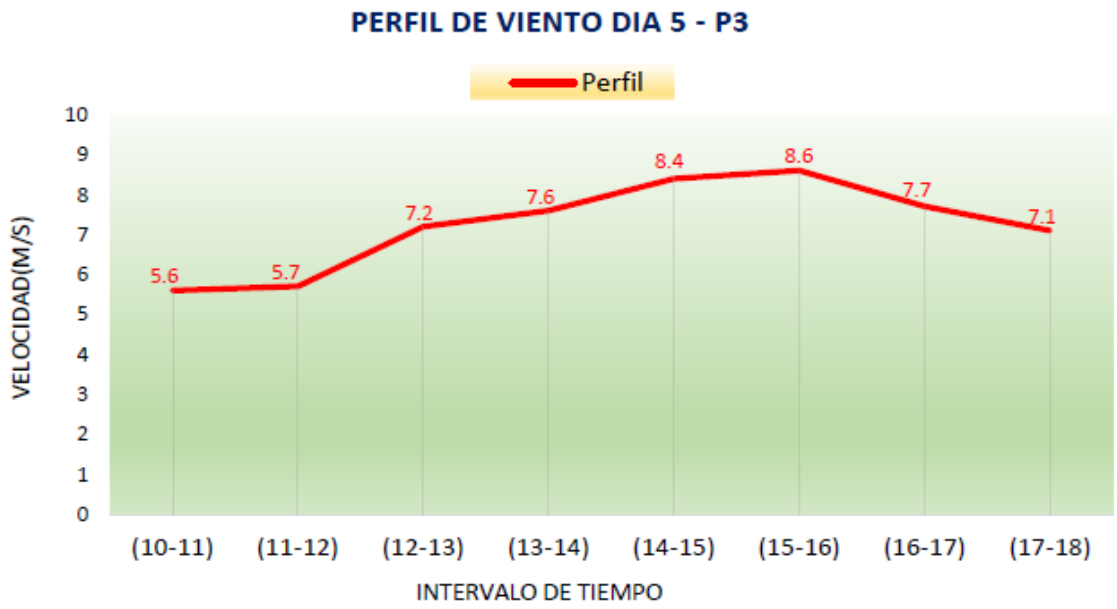

Fig. 21. Perfil de la velocidad del viento día 5-P3

De los cinco días de muestreo en el punto N° 03, hay vientos lentos en las primeras horas; en el intervalo de (14-16) horas, dependiendo de las condiciones climáticas del día, los vientos son los más rápidos; a partir de las 15 o 16 horas, comienza a disminuir la velocidad; y el mayor potencial ocurre a partir de las 12 o 13 horas.

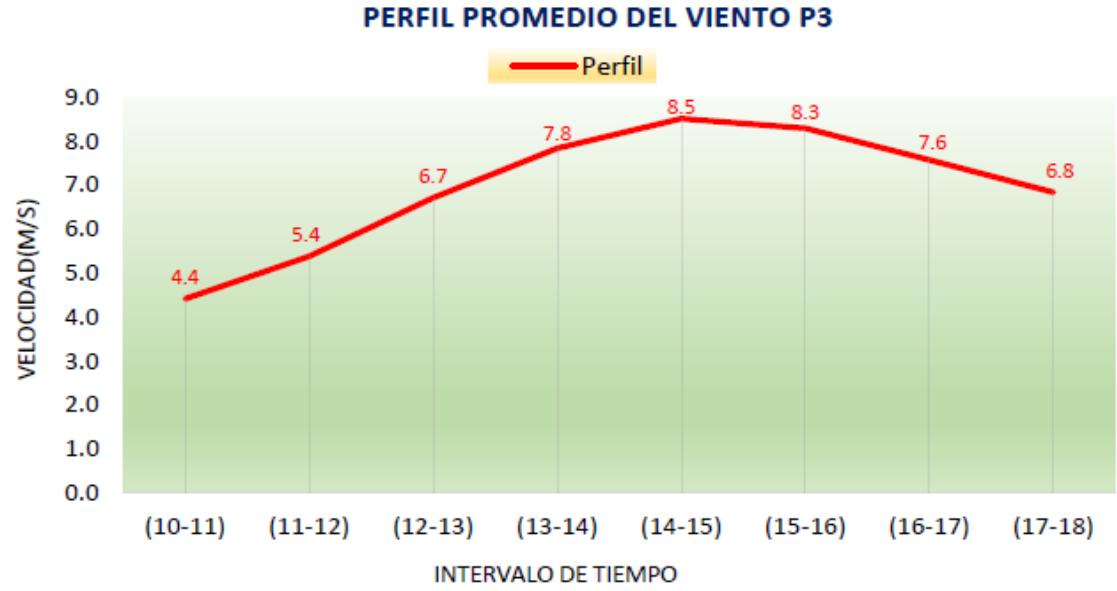

Fig. 22. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 3

En la figura 20, en el punto de muestreo N°3, se calcularon las velocidades de viento promedio por cada intervalo de tiempo del total de los días. El viento comenzó con una celeridad promedio de 4.4m/s y llegó a las 14-15 horas an una velocidad de 8.5m/s, pero

a partir de este punto comienza a disminuir la velocidad y el mayor potencial se encuentra entre las 12-18 horas.

Análisis de la velocidad del viento en el punto número 4 (3m altura):

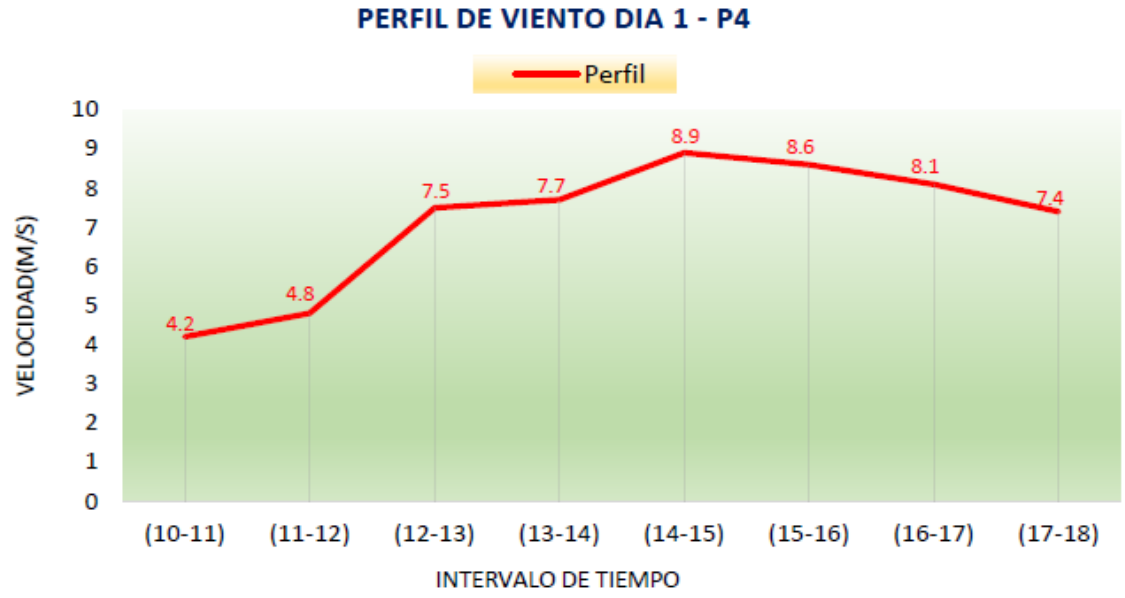

Figura 23. Perfil de la velocidad del viento día 1-P4

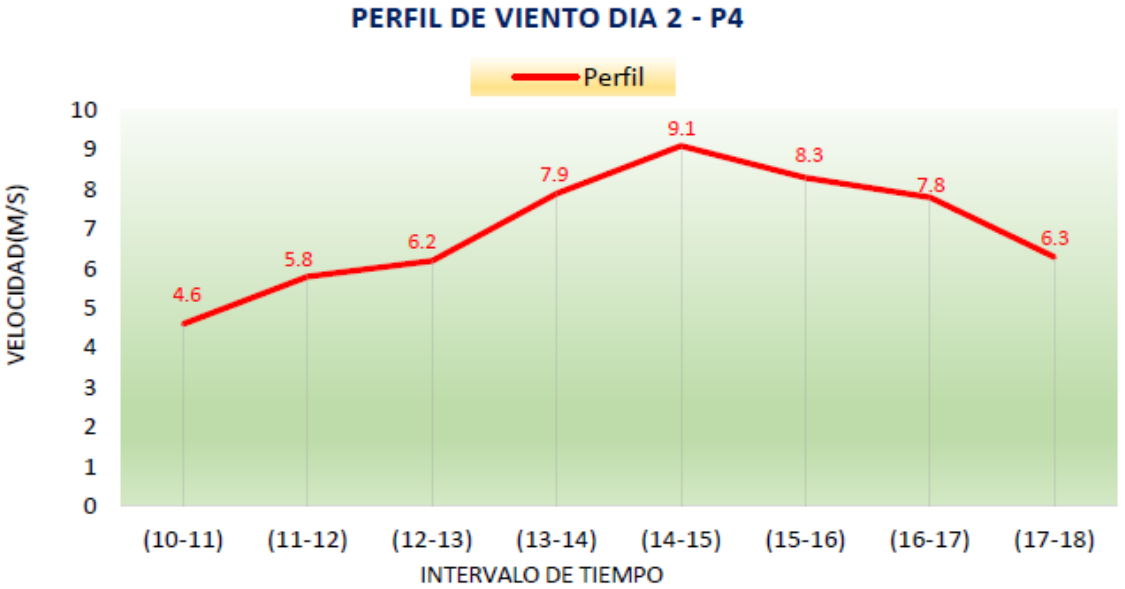

Fig. 24. Perfil de la velocidad del viento día 2-P4

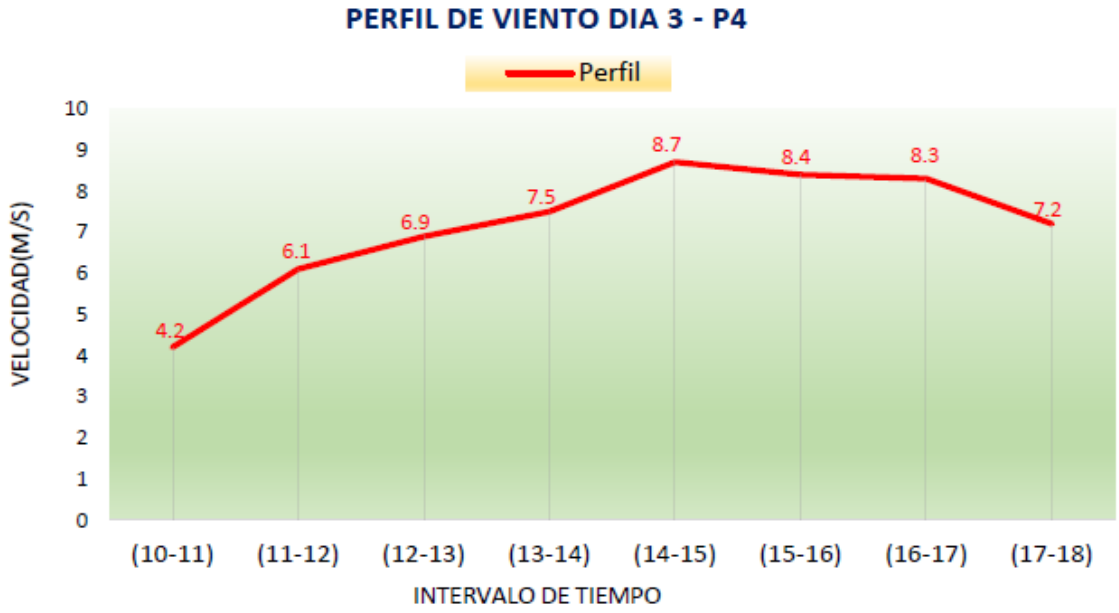

Fig. 25. Perfil de la velocidad del viento día 3-P4

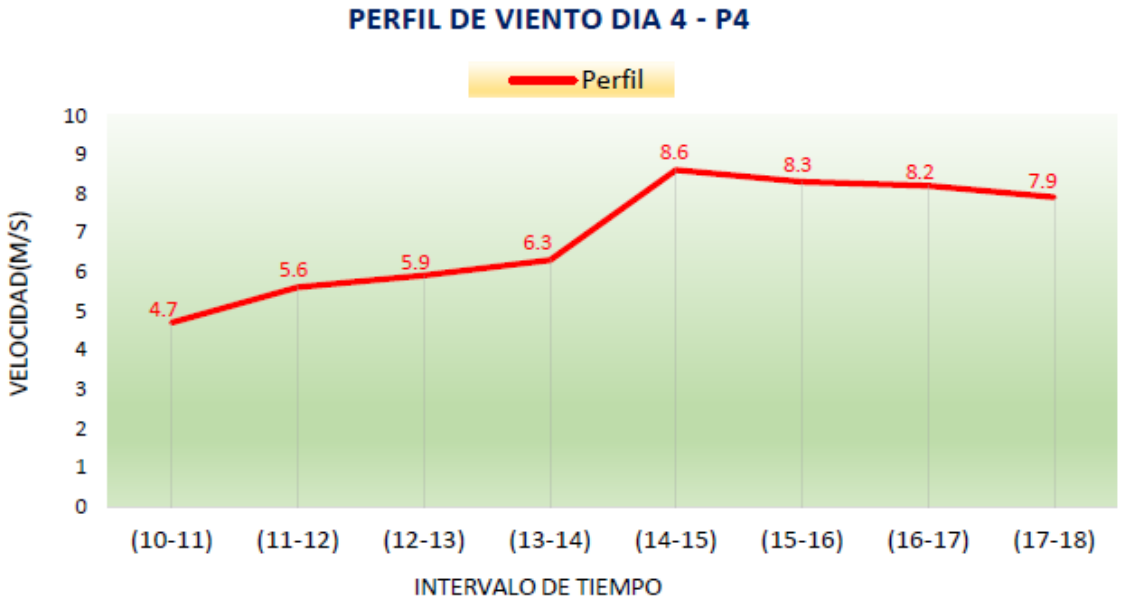

Fig. 26. Perfil de la velocidad del viento día 4-P4

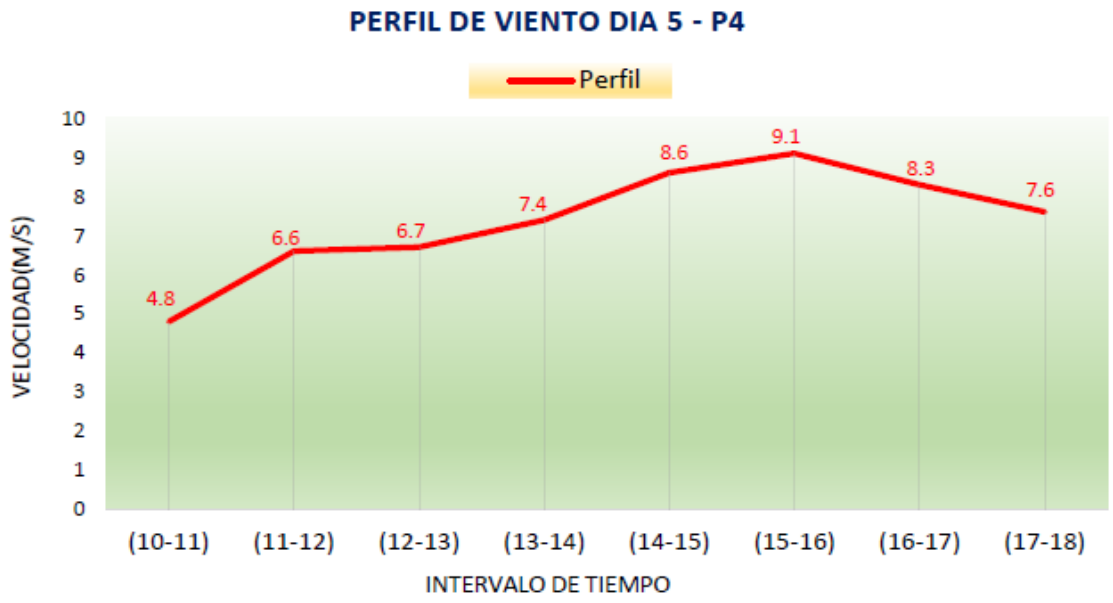

Fig. 27. Perfil de la velocidad del viento día 5-P4

De los cinco días de muestreo en el punto N° 04, durante las primeras horas hay vientos lentos, mientras que entre las (14-16) horas los vientos son los más rápidos dependiendo de las condiciones climáticas del día. Después de las 15 o 16 horas, la velocidad disminuye y el mayor potencial ocurre a partir de las 11, 12 o 13 horas.

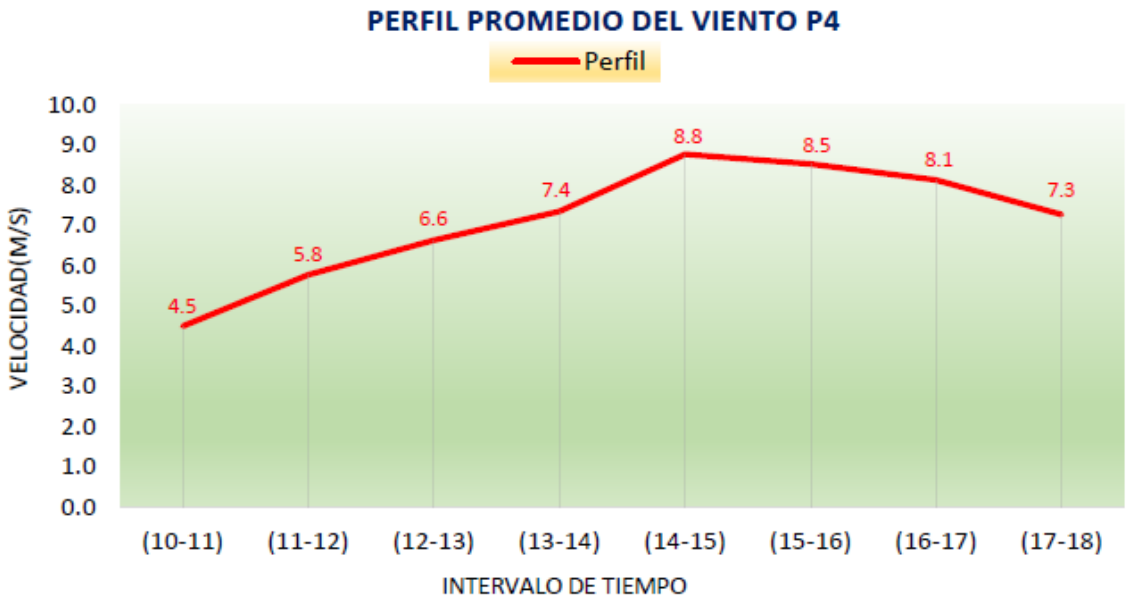

Fig. 28. Perfil promedio de la velocidad del viento punto 4

En la figura 28, en el punto de muestreo N°4, se calcularon las velocidades de viento promedio por cada intervalo de tiempo del total de los días. El viento comenzó con una celeridad promedio de 4,5m/s y llegó a una velocidad promedio de 8,8m/s en los intervalos de 14-15 horas. A partir de este punto, la velocidad disminuyó y el mayor potencial se encontró entre las 12-18 horas.

Tabla V. Promedio de la velocidad del viento de los 4 Puntos

N° Punto	Velocidad Promedio (m/s)
P1	6.64
P2	7.11
P3	6.95
P4	7.13

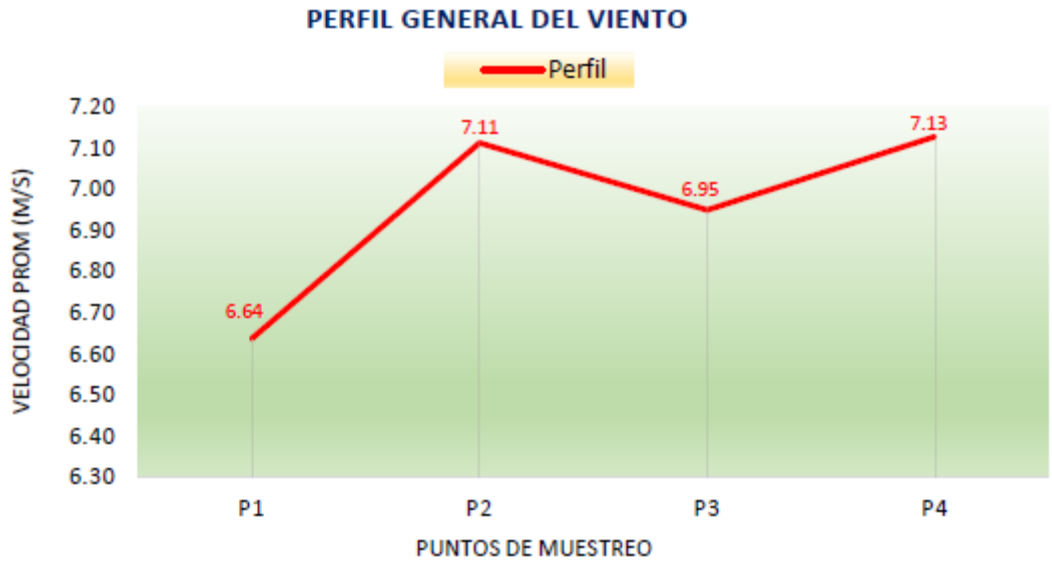

Fig. 29. Perfil promedio de la velocidad del viento de los 4 Puntos

En la figura 29, se calculó la velocidad del viento promedio de cada uno de los cuatro puntos evaluados, resultando que el punto 4 tiene la mayor velocidad de 7.13m/s y el punto 1 la menor velocidad de 6.64m/s. Estas variaciones se deben principalmente a las condiciones climáticas del día y a la altitud en m.s.n.m. de la ubicación de los puntos.

Distribución de Weibull de velocidades del viento a 3 metros de altura:

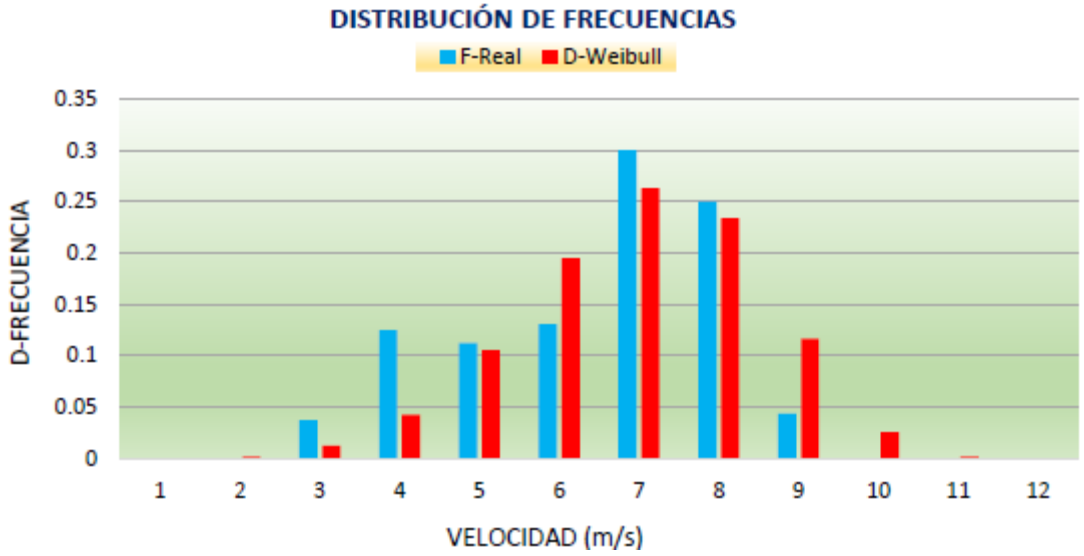

Fig. 30. Distribución de frecuencias real y Weibull

La figura 30 muestra la distribución de la frecuencia real de la velocidad de viento a 3 metros de altura, lo que indica una mayor proporción de 6 a 8 m/s de velocidad. Durante 10 a 18 horas, la distribución de Weibull se asemeja a la real en un arreglo de 1 a 12 m/s.

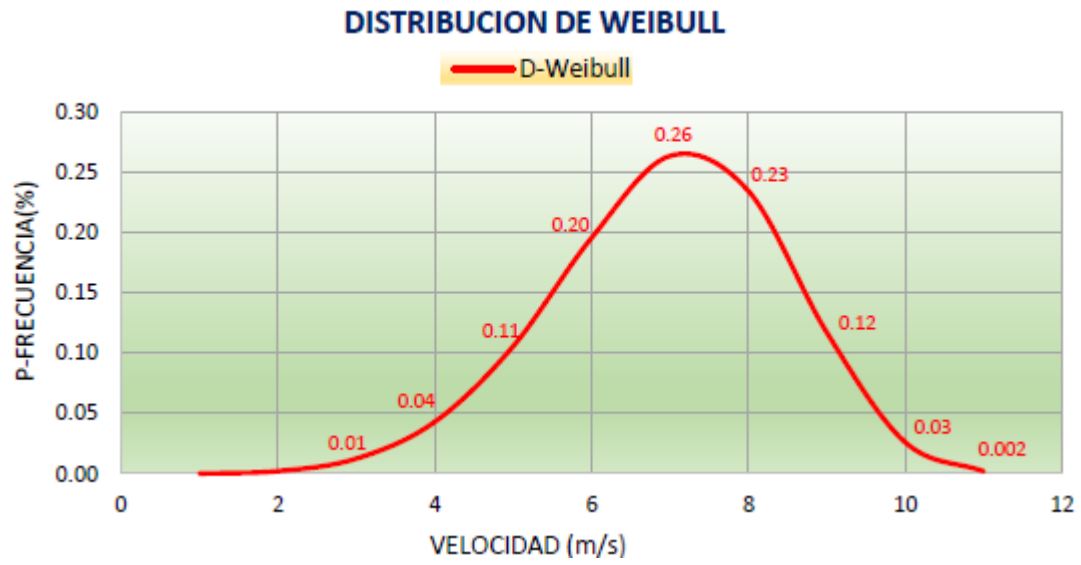

Fig. 31. Distribución de probabilidad de frecuencia Weibull

La figura 31 muestra la distribución real de eventos, con una mayor probabilidad de frecuencia de vientos de 6 a 8 m/s y una potencia de energía estimada de 234.1w/m2 por área expuesta al viento durante 10 a 18 horas.

Distribución de Weibull de las velocidades de viento extrapolado a 30 metros de altura:

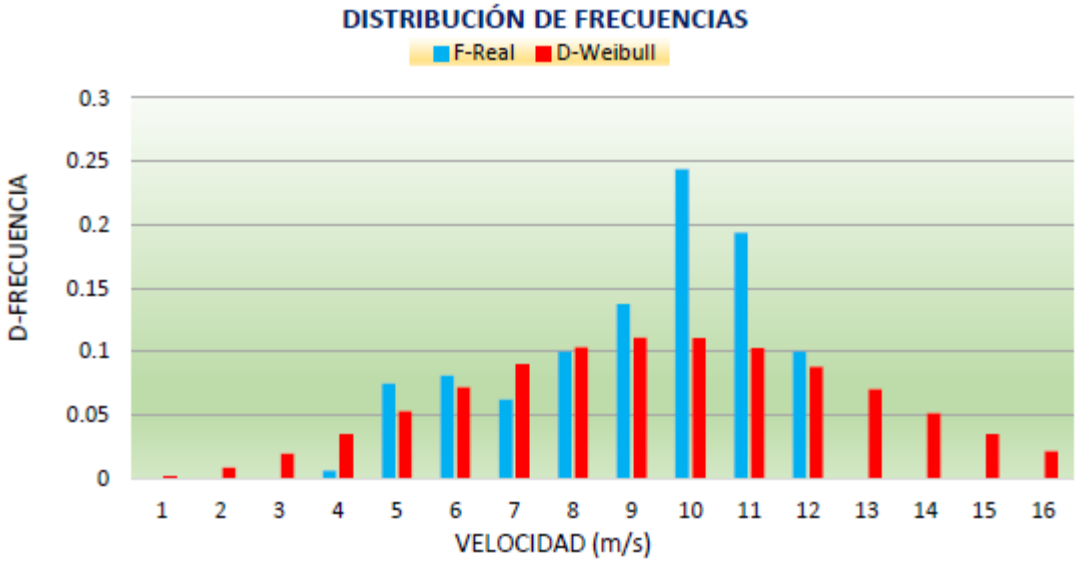

Fig. 32. Distribución de frecuencias real y Weibull

La figura 32 muestra la distribución de la frecuencia real de la velocidad de viento a 30 metros de altura, lo que indica una mayor proporción de 8 a 12 m/s de velocidad. Durante 10 a 18 horas, la distribución de Weibull se asemeja a la real en un arreglo de 1 a 16 m/s.

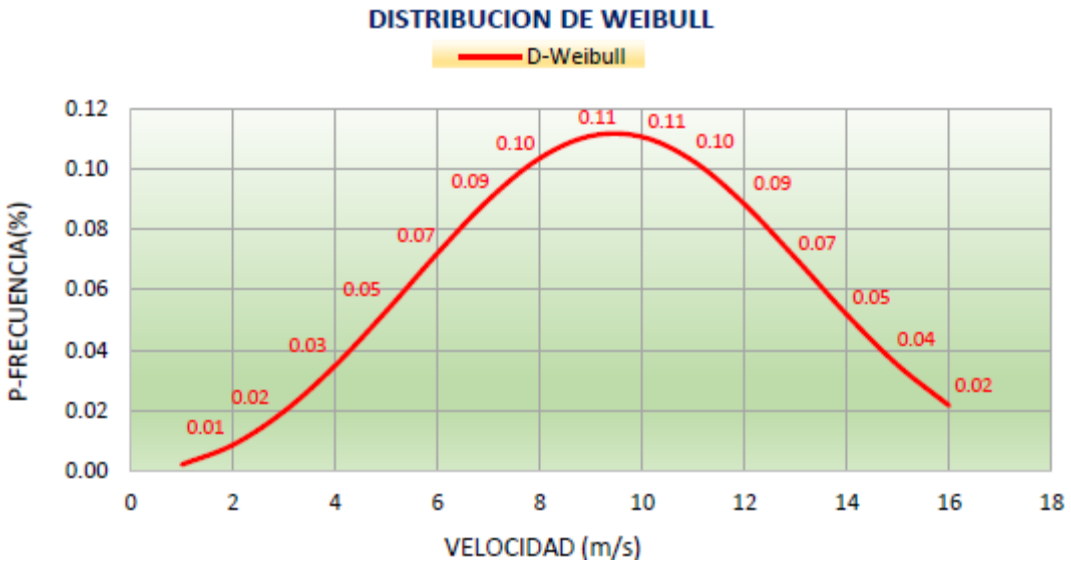

Fig. 33. Distribución de probabilidad de frecuencia Weibull

Según la Figura 33, Se encontró una mayor probabilidad de frecuencia de vientos de 8 a 12 m/s y una potencia de energía estimada de 616.2 w/m2 por área expuesta al viento durante las 10 a 18 horas, en referencia a la distribución real de eventos..

<u>Determinar la eficiencia productiva de energía eléctrica</u>:

Producción de energía en el Punto N°01 (torre 3m):

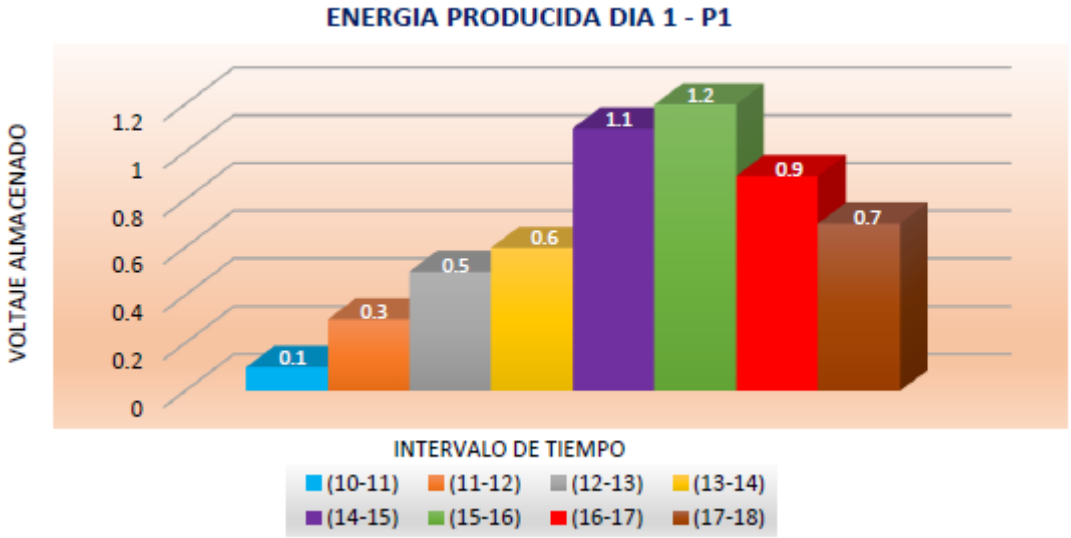

Fig. 34. Producción de energía en el día 1-P1

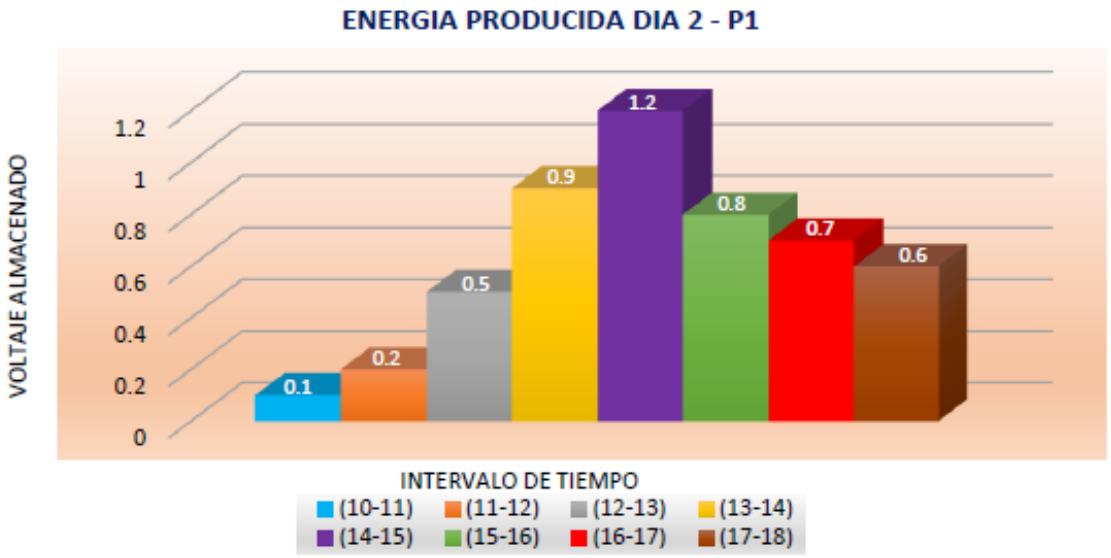

Fig. 35. Producción de energía en el día 2-P1

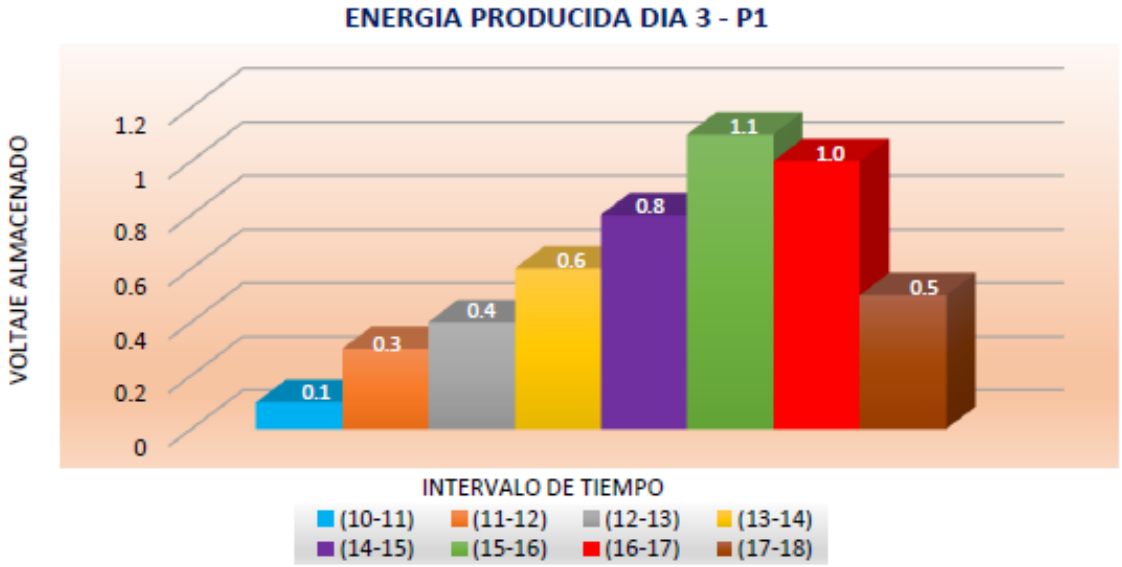

Fig. 36. Producción de energía en el día 3-P1

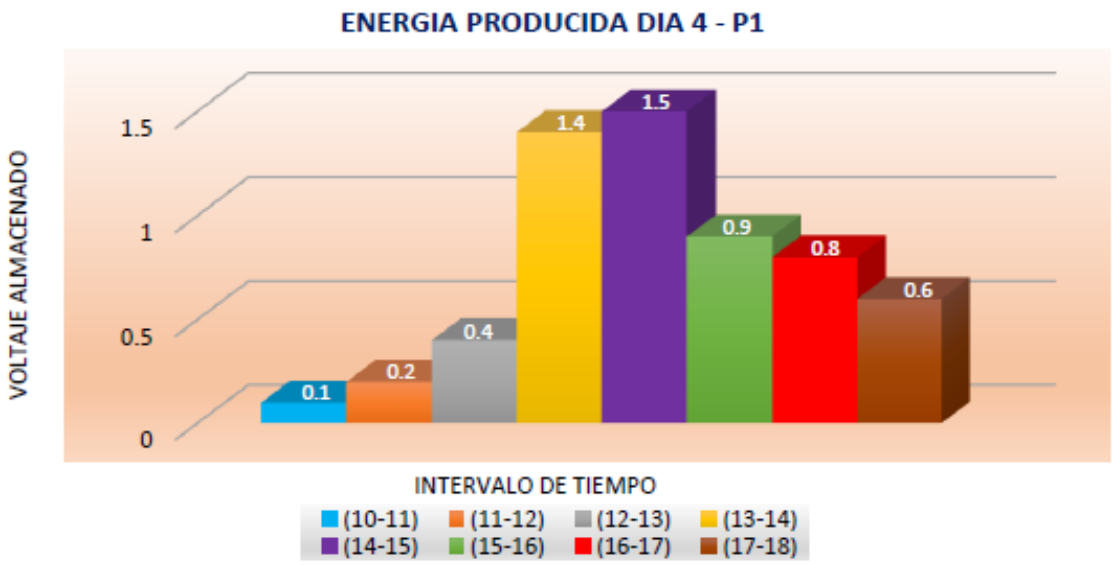

Fig. 37. Producción de energía en el día 4-P1

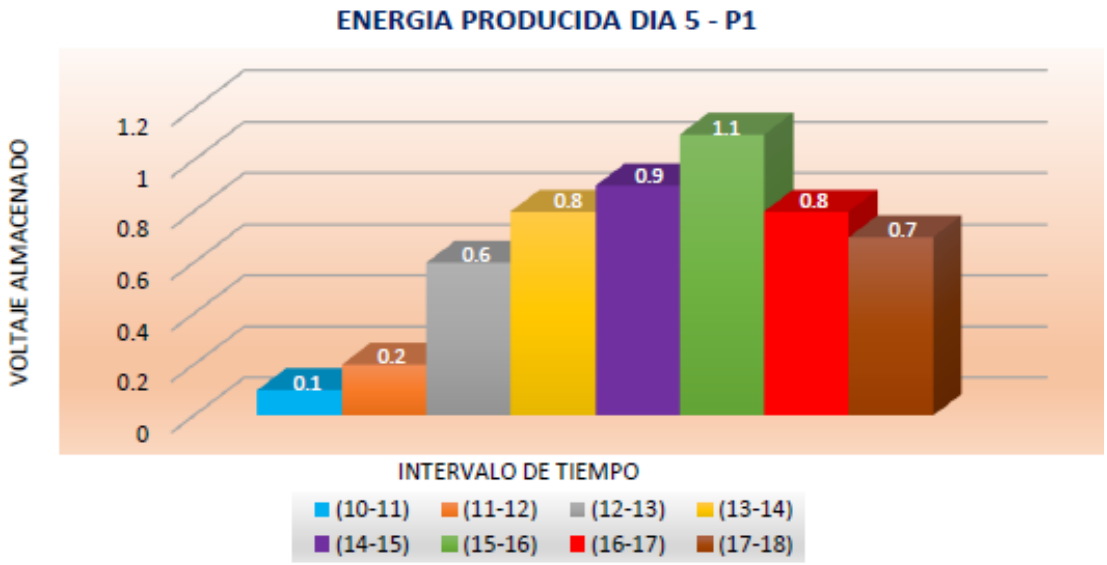

Fig. 38. Producción de energía en el día 5-P1

En el número 01, la producción de energía comenzó con resultados bajos en las primeras horas y se evidenció la máxima generación de voltaje entre (14-16) horas. La mayor generación de energía se registró a partir de las 11, 12 o 13 horas. Durante el muestreo se almacenó un total de 26,2v.

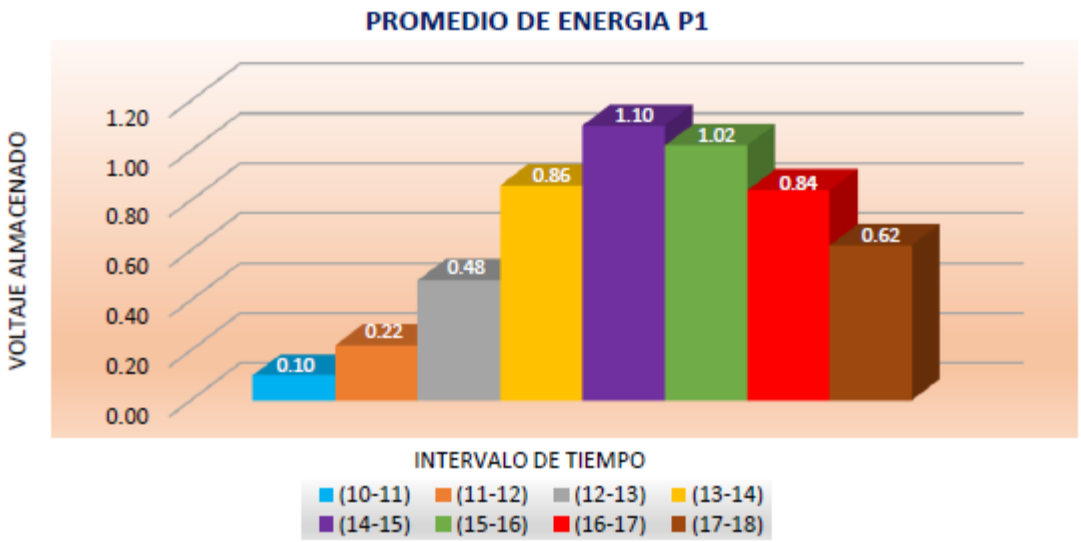

Fig. 39. Promedio de producción de energía en el Punto 1

En la figura 39, en el punto N°01, se promedió el voltaje por cada intervalo de tiempo del total de los días. El voltaje promedio comenzó con 0.10v y llegó a 1.10v en el intervalo de 14-15 horas, donde se generó la mayor cantidad de energía..

Producción de energía en el Punto N°02 (torre 3m):

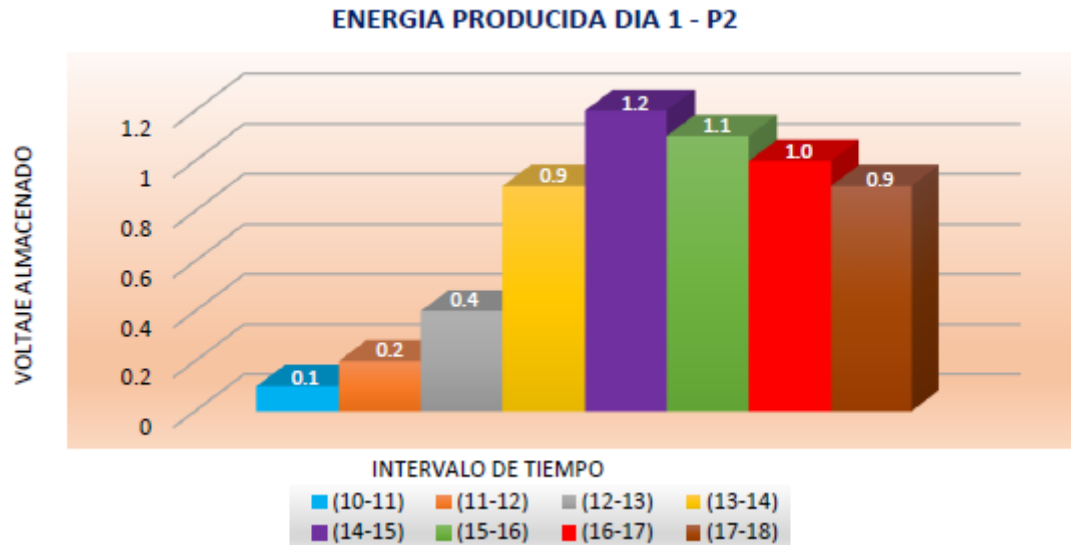

Fig. 40. Producción de energía en el día 1-P2

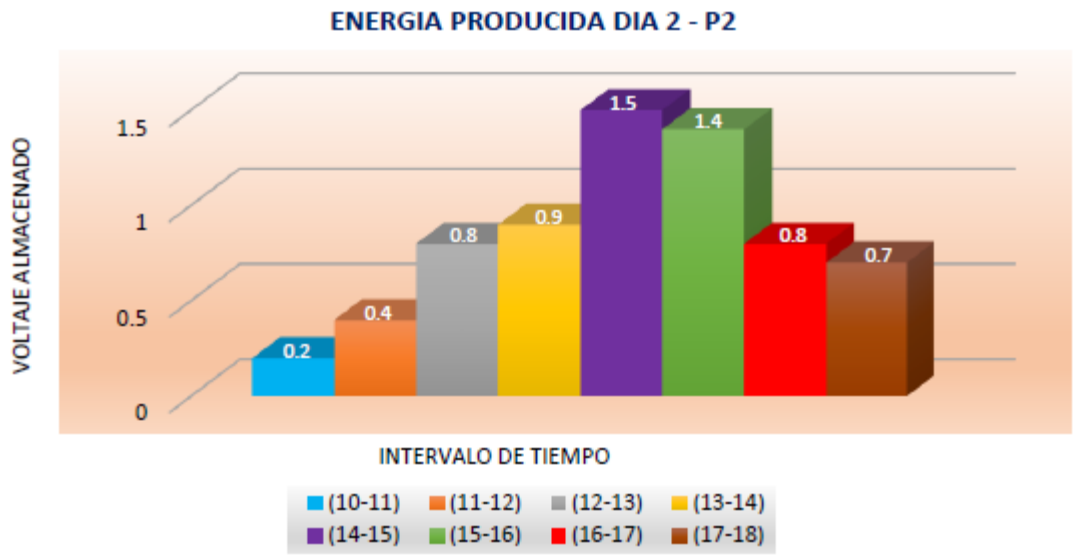

Fig. 41. Producción de energía en el día 2-P2

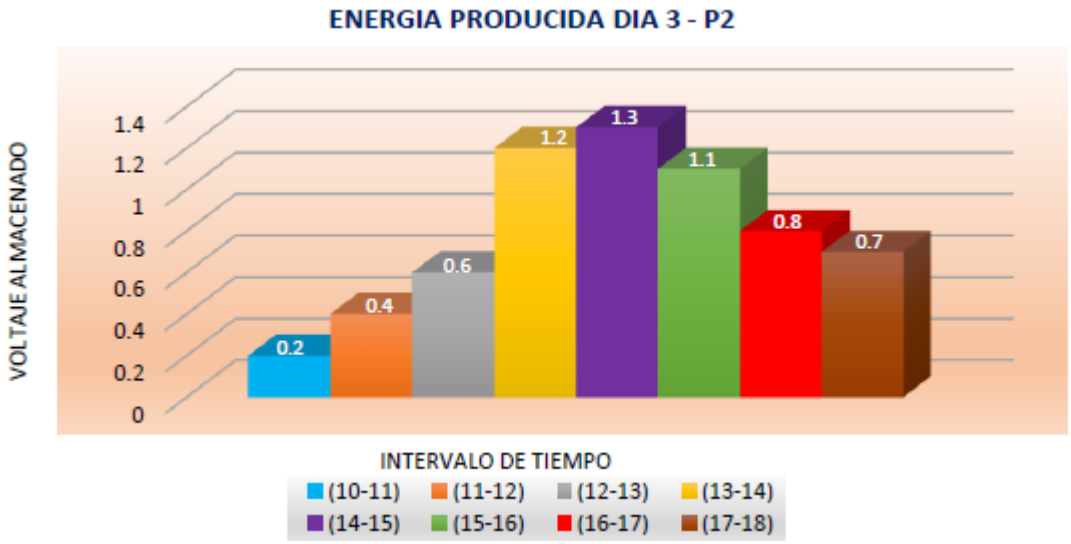

Fig. 42. Producción de energía en el día 3-P2

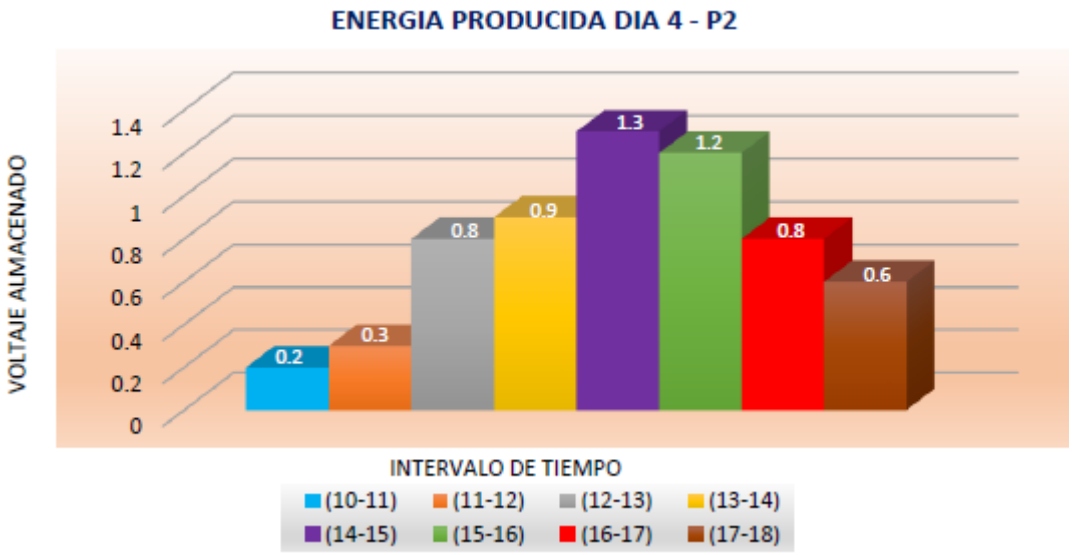

Fig. 43. Producción de energía en el día 4-P2

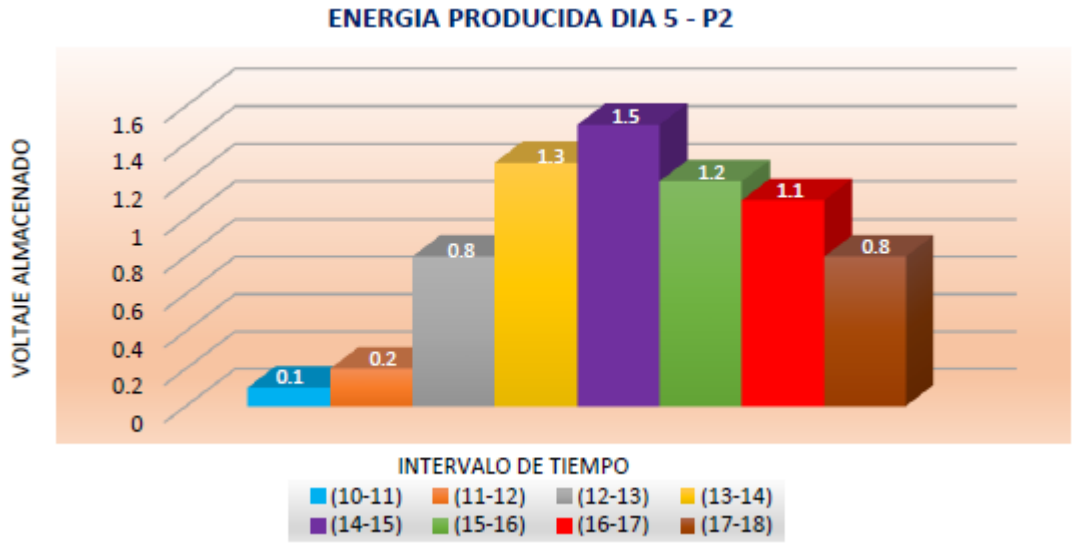

Fig. 44. Producción de energía en el día 5-P2

En el punto 02, la producción de energía comenzó con resultados bajos en las primeras horas. Después de las 12 o 13 horas, se evidenció la máxima generación de voltaje en el intervalo de (14-15) horas. Se almacenó un total de 31.9v durante el muestreo.

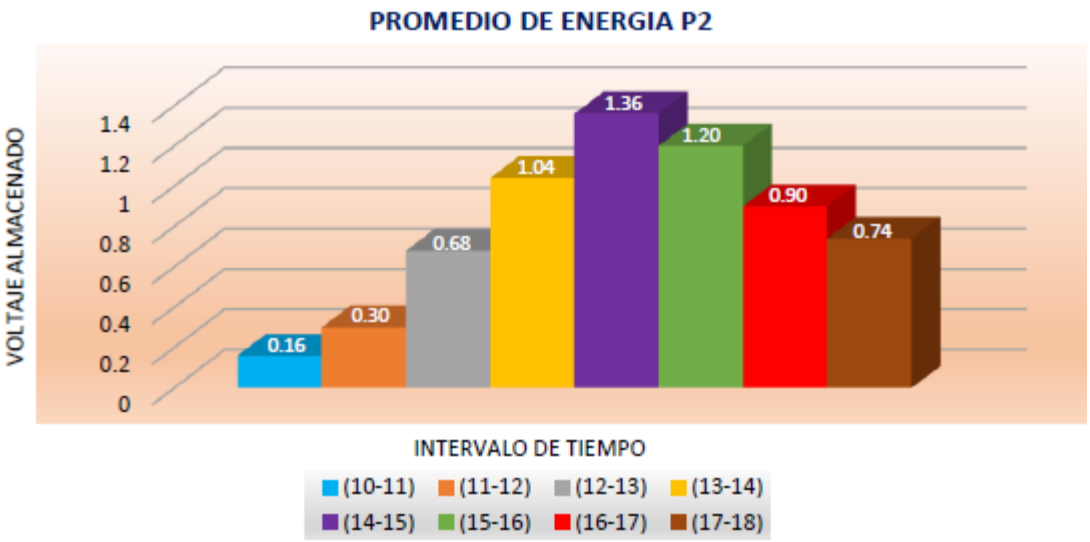

Fig. 45. Promedio de producción de energía en el Punto 2

En la figura 45, en el punto N°02, se promedió el voltaje para cada intervalo de tiempo del total de los días. El voltaje promedio comenzó con 0.16v y llegó a 1.36v en el intervalo de 14-15 horas, donde se generó la mayor cantidad de energía..

Producción de energía en el Punto N°03 (torre 3m):

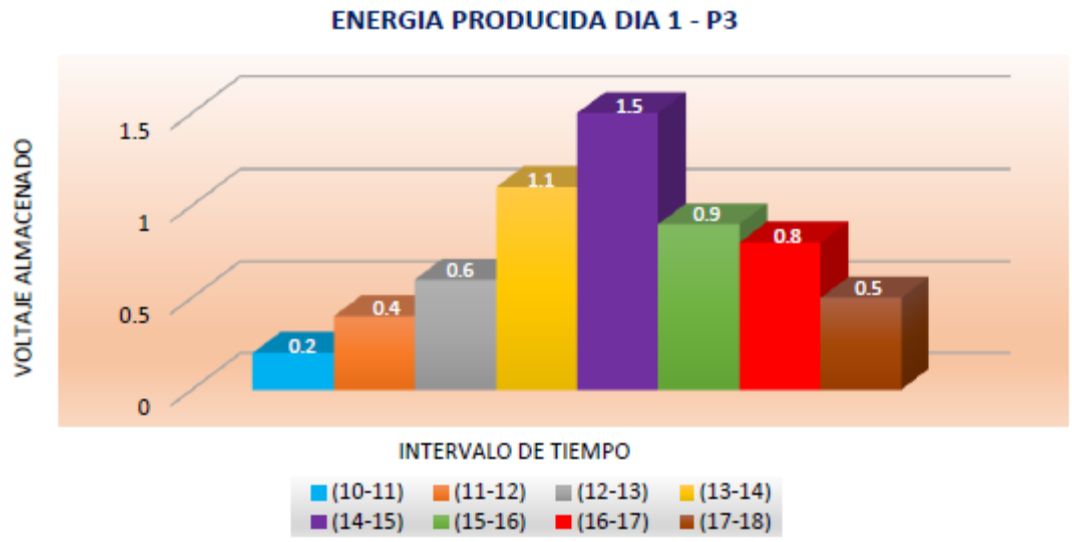

Fig. 46. Producción de energía en el día 1-P3

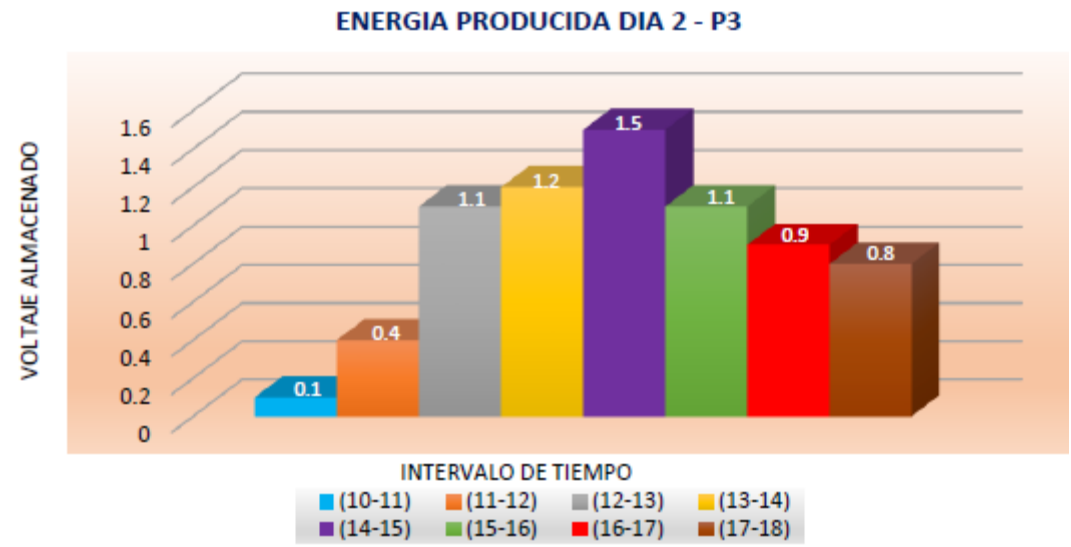

Fig. 47. Producción de energía en el día 2-P3

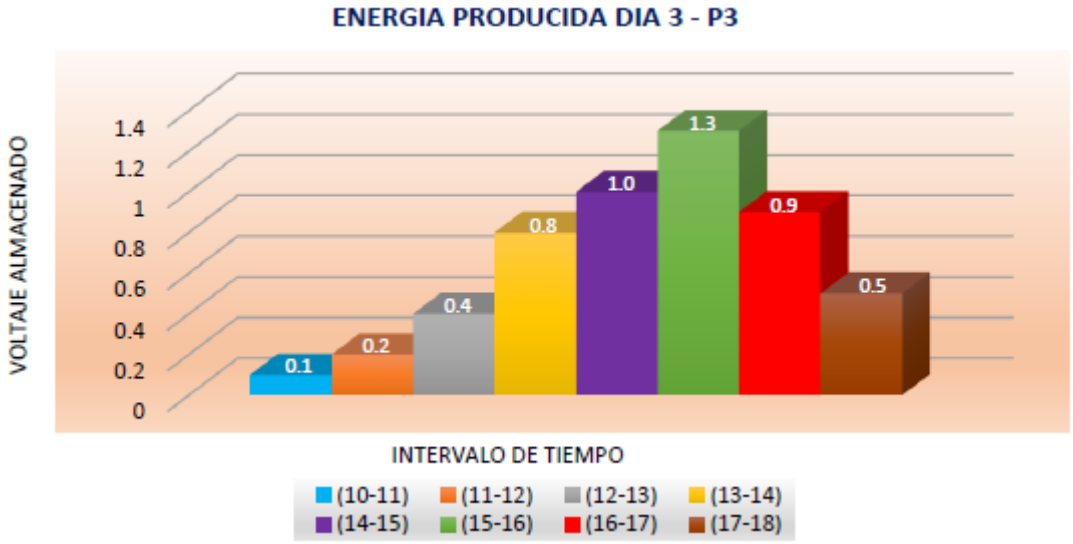

Fig. 48. Producción de energía en el día 3-P3

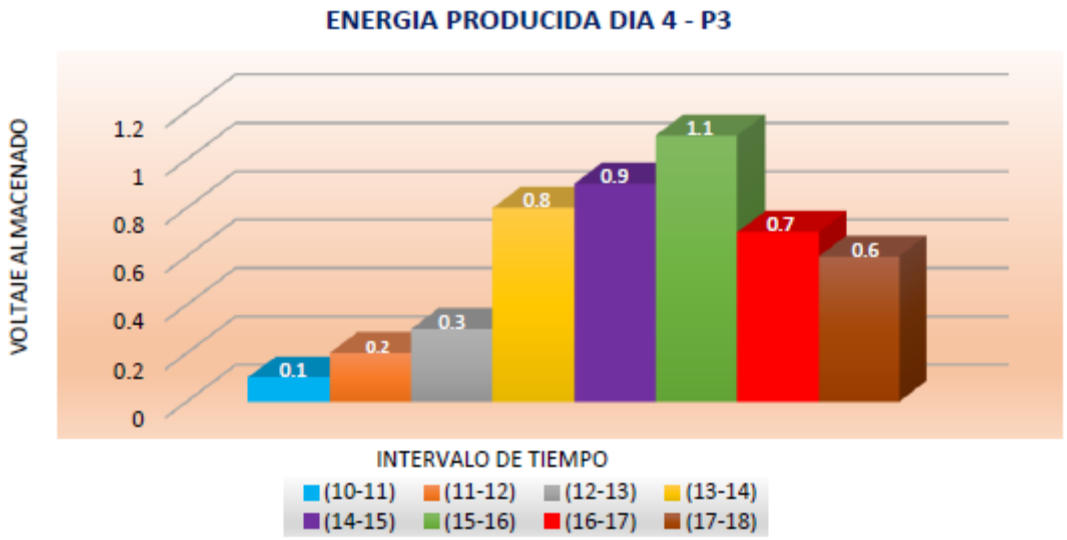

Fig. 49. Producción de energía en el día 4-P3

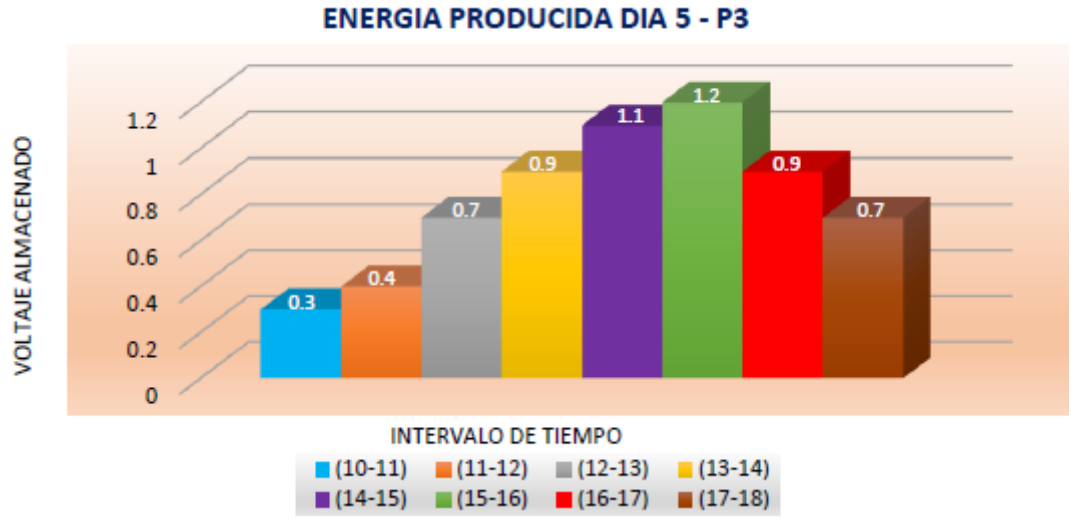

Fig. 50. Producción de energía en el día 5-P3

En el punto 03, la producción de energía comienza con resultados bajos en las primeras horas, y en el intervalo de (14-16) horas se evidencia la máxima generación de voltaje. La mayor generación de energía ocurre a partir de las 12 o 13 horas. Durante el muestreo se almacenó un total de 29.2v.

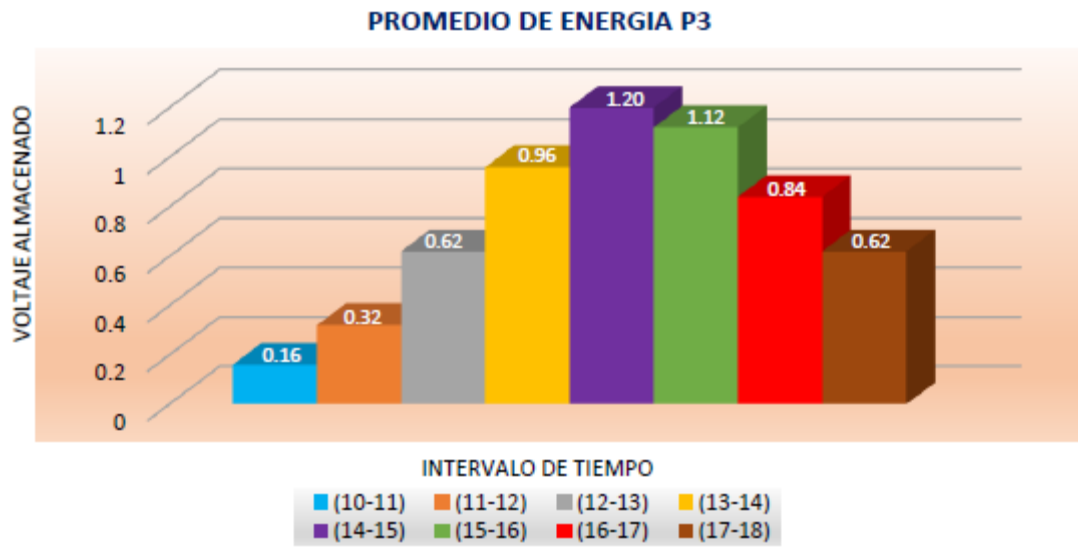

Fig. 51. Promedio de producción de energía en el Punto 3

En la figura 51, en el punto N°03, se promedió el voltaje para cada intervalo de tiempo del total de los días. El voltaje promedio comenzó con 0.16v y llegó a 1.20v en el intervalo de 14-15 horas, donde se generó la mayor cantidad de energía.

Producción de energía en el Punto N°04 (torre 3m):

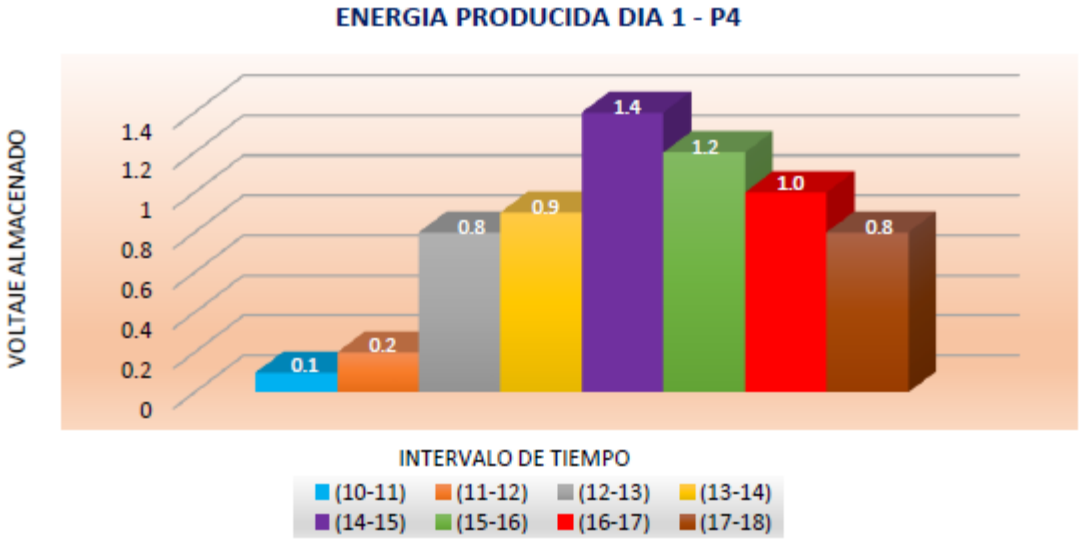

Fig. 52. Producción de energía en el día 1-P4

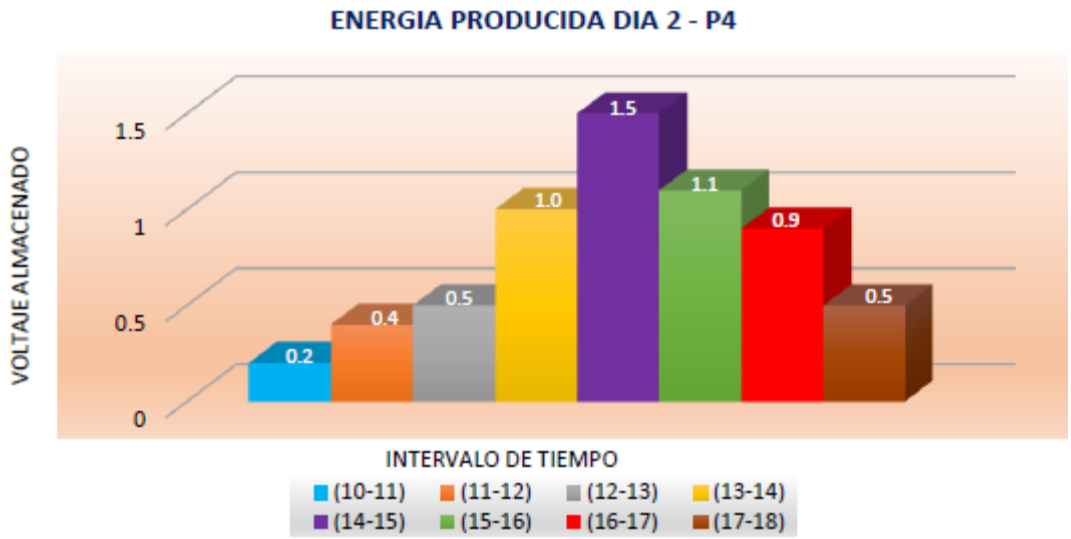

Fig..53. Producción de energía en el día 2-P4

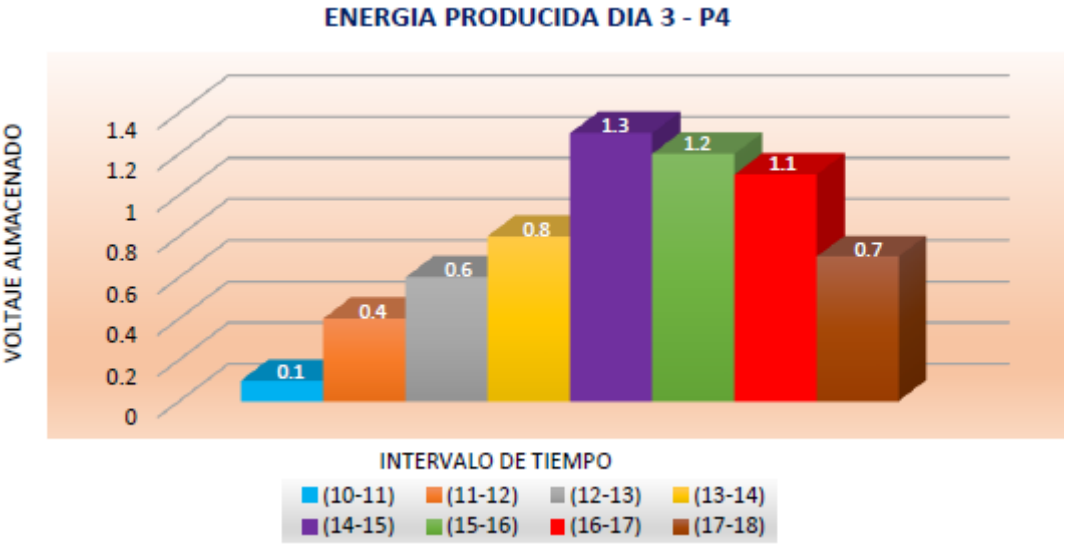

Fig. 54. Producción de energía en el día 3-P4

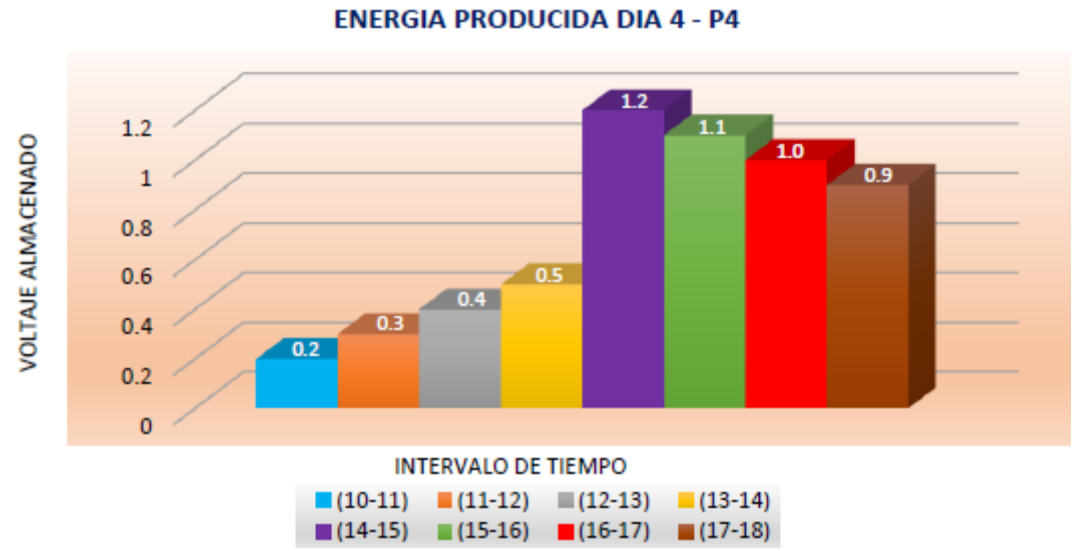

Fig. 55. Producción de energía en el día 4-P4

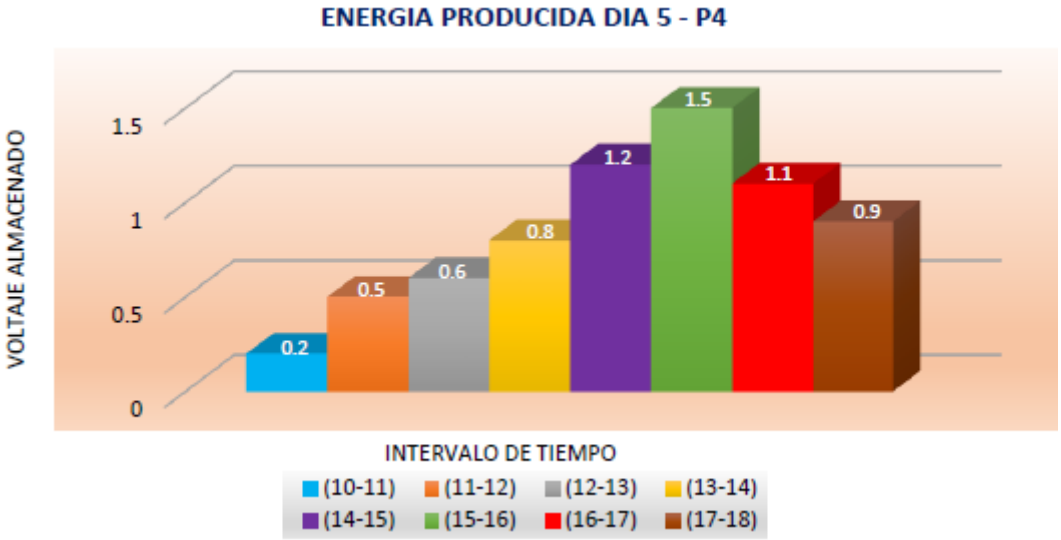

Fig. 56. Producción de energía en el día 5-P4

En el punto 04, la producción de energía comienza con resultados bajos en las primeras horas y se evidencia una máxima generación de voltaje entre (14-16) horas. La mayor generación de energía ocurre a partir de las 11, 12 o 13 horas. Durante el muestreo se almacenó un total de 31.1v.

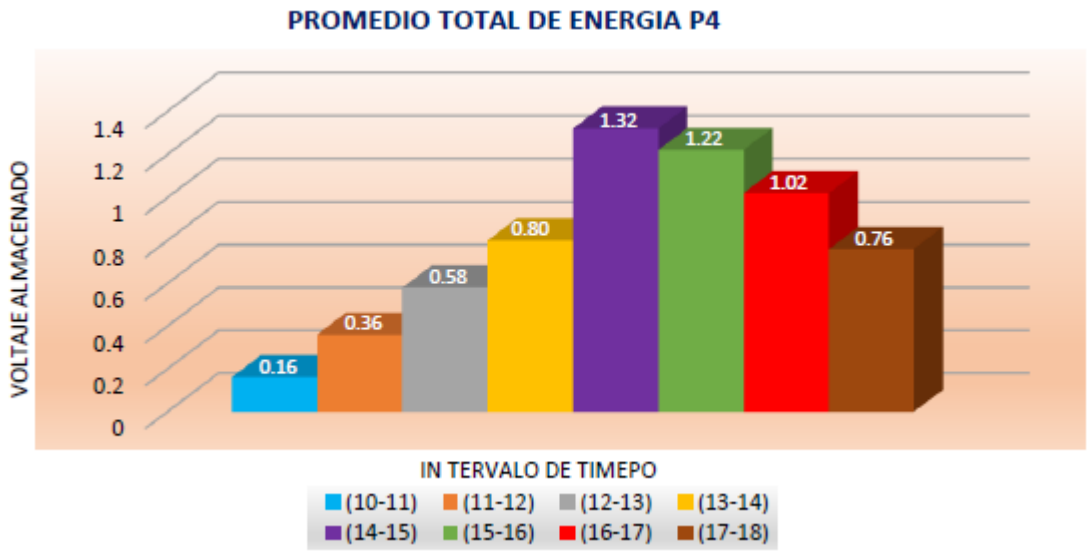

Fig. 57. Promedio de producción de energía en el Punto 4

En la figura 57, en el punto N°04, se promedió el voltaje para cada intervalo de tiempo del total de los días. El voltaje promedio comenzó con 0.16v y llegó a 1.32v en el intervalo de 14-15 horas, donde se generó la mayor cantidad de energía.

Tabla VI**.** Promedio de producción de energía en los 4 Puntos

Nº Punto	Energía Promedio (v)
P1	0.66
P2	0.77
P3	0.73
P4	0.78

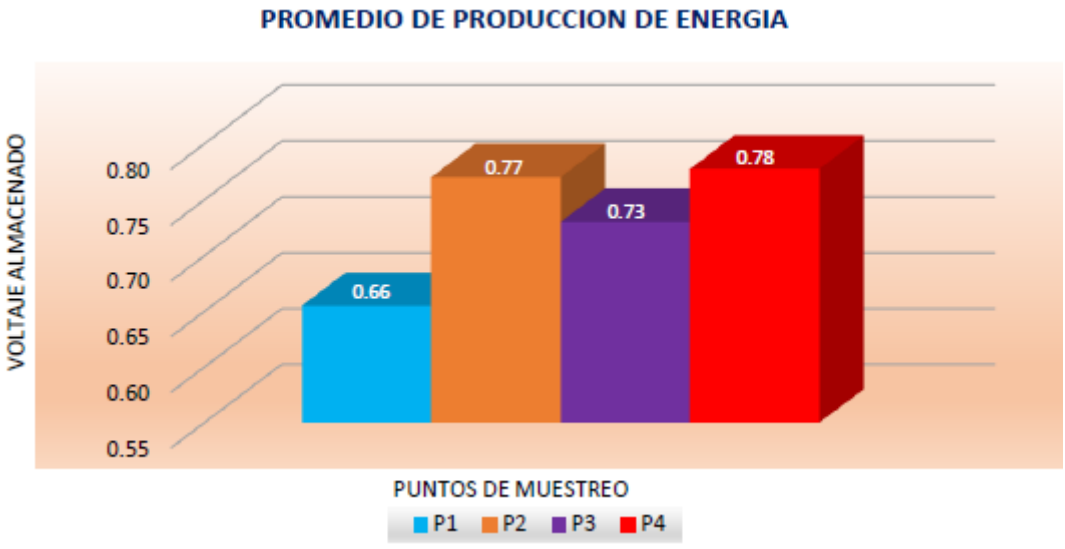

Fig. 58. Promedio de producción de energía en los 4 Puntos

En la figura 58, se calculó el voltaje promedio de cada uno de los cuatro puntos evaluados, y se descubrió que el punto 4 tiene el voltaje promedio más alto de producción de energía de 0,78v, mientras que el punto 1 tiene el voltaje promedio más bajo de generación de 0.66v. Estas variaciones se deben principalmente al clima del día y a la altitud en m.s.n.m. de la ubicación de los puntos.

Energía teórica con velocidades de viento a 3 metros de altura:

Tabla VII**.** Potencia teórica a 3 metros de altura

Velocidad Viento (m/s)	Potencia (w)
9	169.7
8	119.2
7	79.9
6	50.3
5	29.1
4	14.9
3	6.3

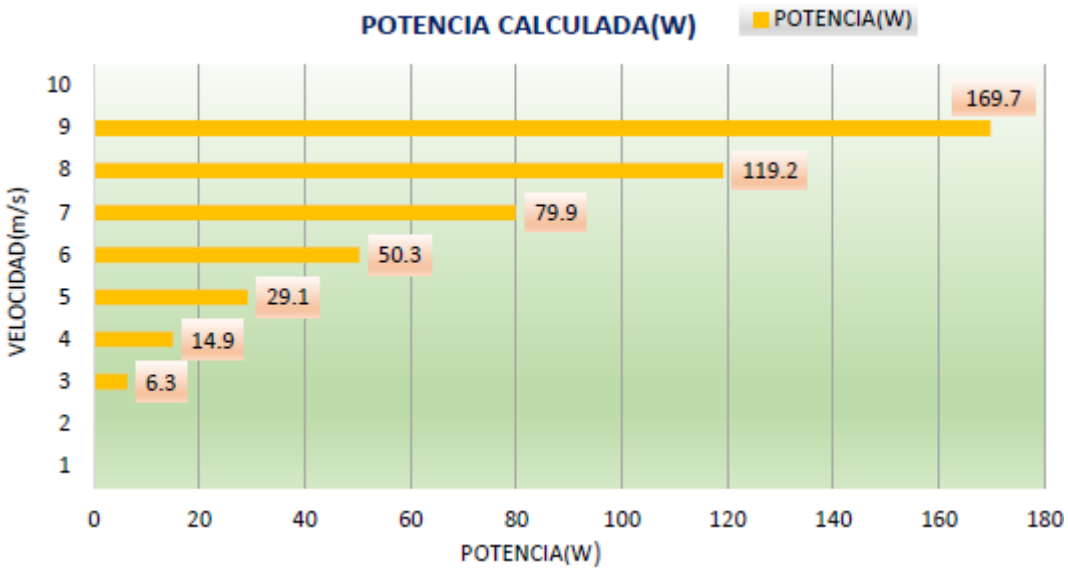

Fig. 59. Potencia teórica a 3 metros de altura

La figura 59 muestra una distribución de potencia teórica en relación a las velocidades de viento y los datos reales del aerogenerador a pequeña escala. Se encontró una potencia mínima de 6.3W a 3m/s y una potencia máxima de 169.7W a 9m/s.

Tabla VIII**.** Frecuencia de velocidad del viento a 3 metros

Velocidad Viento (m/s)	Frecuencia (h)
9	7
8	40
7	48
6	21
5	18
4	20
3	6

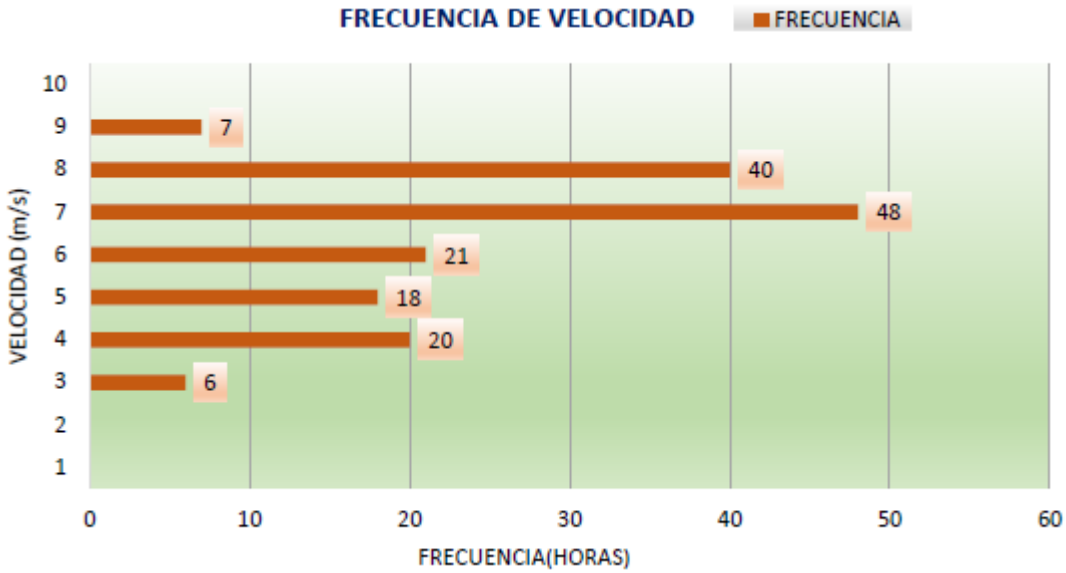

Fig. 60. Frecuencia de velocidad de viento a 3 metros

De los cuatro puntos de muestreo con un total de 160 horas, se observa en la figura 60 que la frecuencia del viento a 3 metros de altura tiene una menor velocidad de 3m/s y la mayor velocidad de 7m/s.

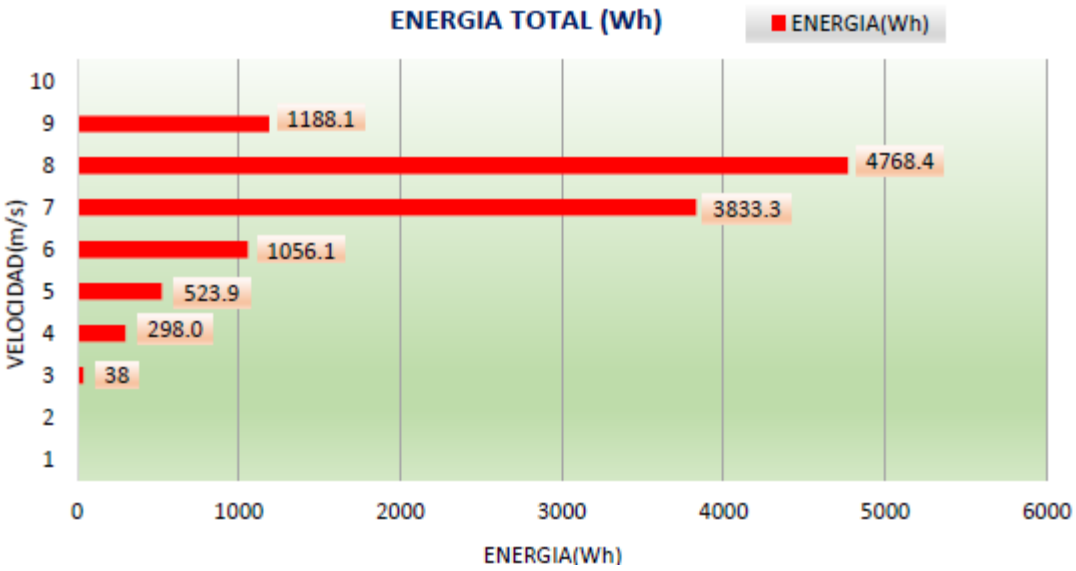

Fig. 61. Energía estimada en (Wh) a 3 metros de altura

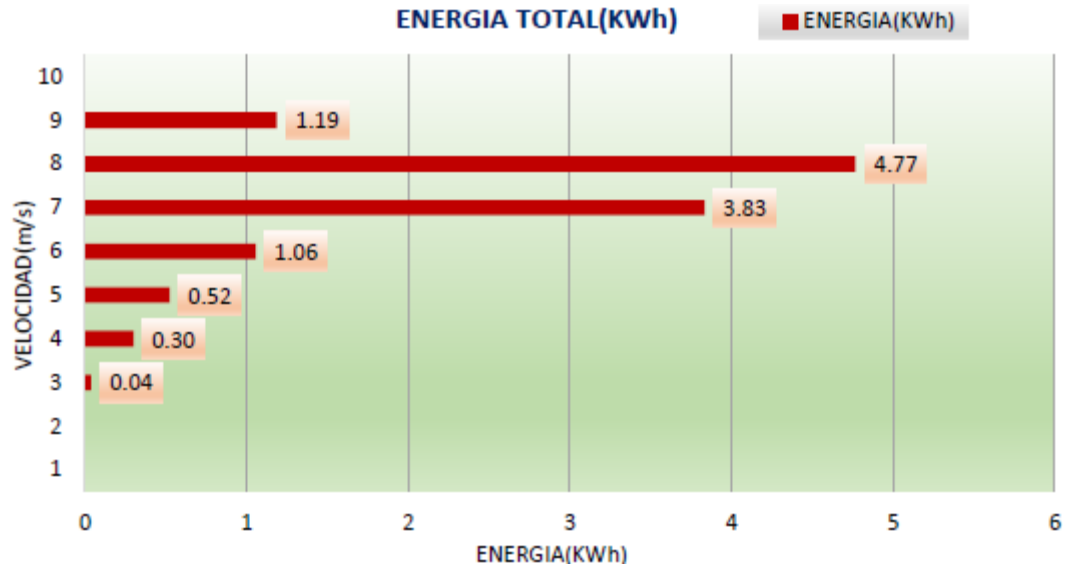

Fig. 62. Energía estimada en (KWh) a 3 metros de altura

En las figuras 61 y 62, se calculó el producto de la potencia teórica con la frecuencia de velocidades. Se encontró una energía mínima de 38Wh, o 0.04KWh, con una velocidad de 3m/s, y una energía máxima de 4768.4Wh, o 4.77KWh, con una velocidad de 8m/s. En conjunto, se produjo una energía de 11.71KWh.

Energía teórica con velocidades de viento extrapolado a 30 metros de altura:

Tabla IX. Potencia teórica a 30 metros de altura

Velocidad Viento (m/s)	Potencia (W)
12	133002.5
11	102445.8
10	76969.0
9	56110.4
8	39408.1
7	26400.4
6	16625.3
5	9621.10
4	4926.0

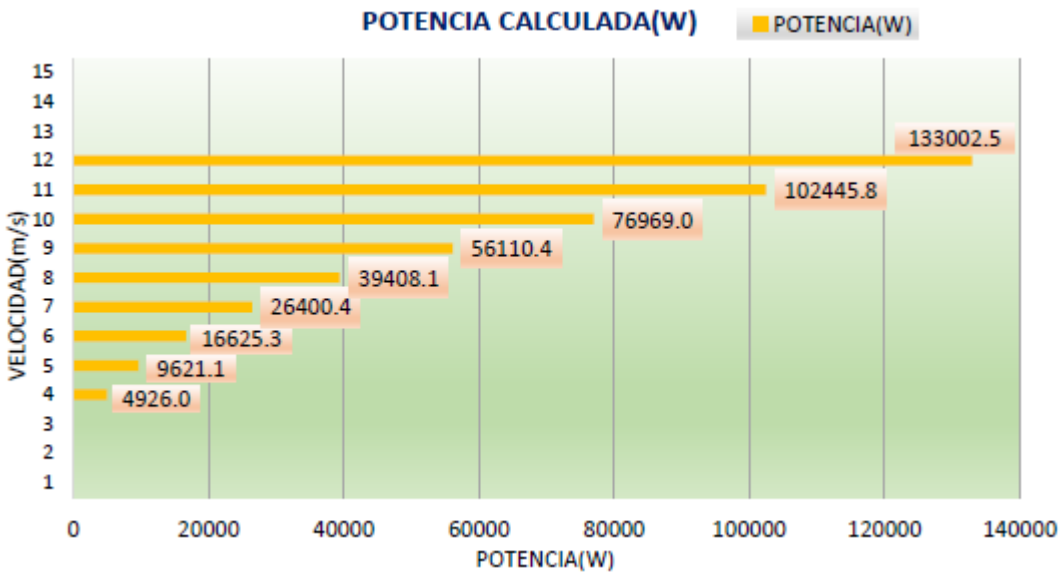

Fig. 63. Potencia teórica a 30 metros de altura

La figura 63 muestra una distribución de potencia teórica en relación a las velocidades de viento y los datos de un aerogenerador de gran escala. Se encontró una potencia mínima de 4926.0W a 4m/s y una potencia máxima de 133002.5W a 12m/s.

Tabla X. Frecuencia de velocidad de viento a 30 metros

Velocidad Viento (m/s)	Frecuencia (h)
12	16
11	31
10	29
9	22
8	16
7	10
6	13
5	12
4	1

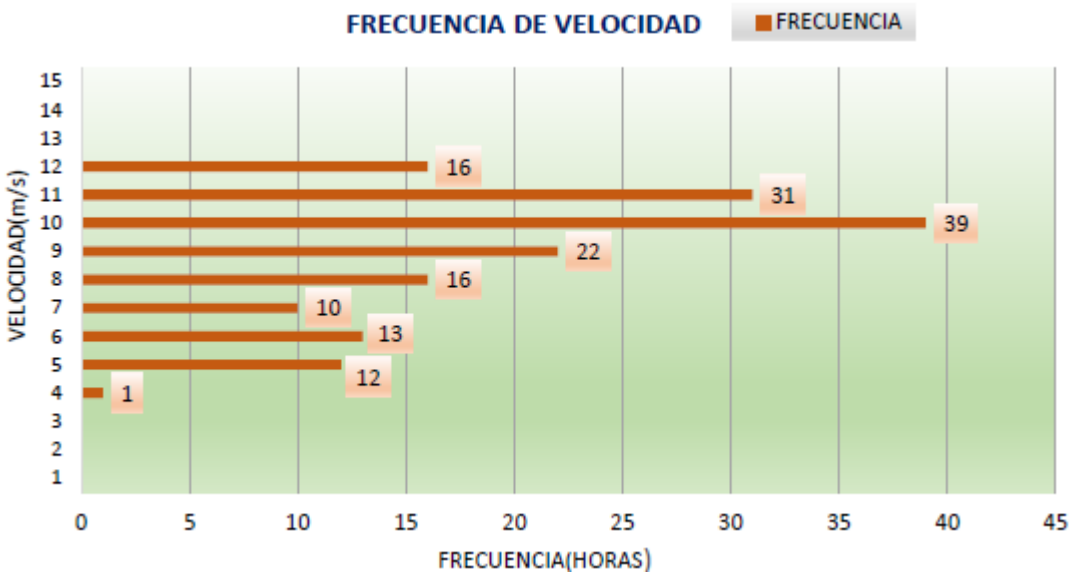

Fig. 64. Frecuencia de velocidad de viento a 30 metros

La figura 64 muestra la frecuencia del viento a 30 metros de altura de los cuatro puntos de muestreo durante 160 horas, con la menor frecuencia de 4m/s y la mayor frecuencia de 10m/s.

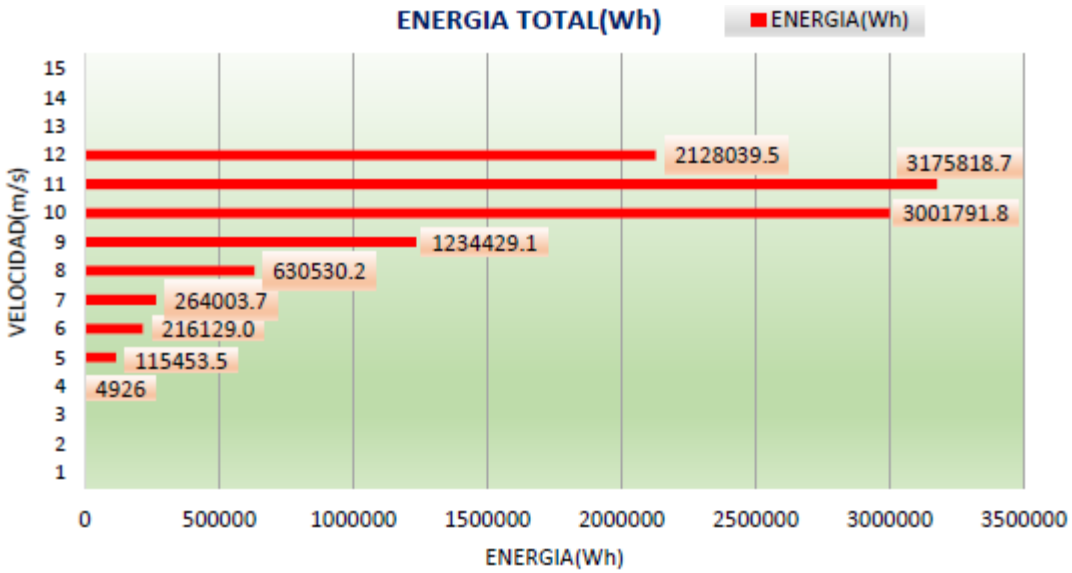

Fig. 65. Energía estimada en (Wh) a 30 metros de altura

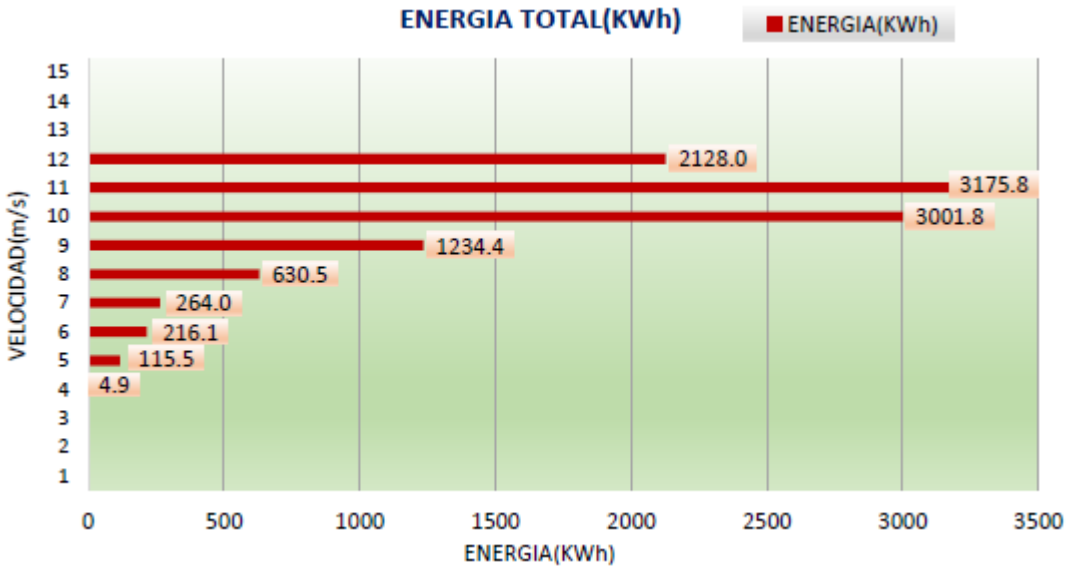

Fig. 66. Energía estimada en (KWh) a 30 metros de altura

En las figuras 65 y 66 se calculó la energía teórica del producto de la potencia teórica con la frecuencia de velocidades. Se encontró una energía mínima de 4926Wh o 4.9KWh con una velocidad de 4m/s y una energía máxima de 3175818.7Wh o 3175.8KWh con una velocidad de 11m/s, lo que resultó en una producción total de 10771.12KWh.

IV. DISCUSIÓN

En la tesis titulada "Aprovechamiento del potencial eólico para generar energía eléctrica en las pampas de Reque, Chiclayo-2022", se utilizó una ficha de recolección de datos en cada uno de los cuatro puntos de muestreo durante cinco días en cada uno, durante el intervalo de 10 a 18 horas, donde se usó un aerogenerador, controlador de aerogenerador, controlador de carga y una batería para producir energía eléctrica y un anemómetro

En Marcona se descubrió un potencial eólico para producir energía eléctrica, por lo que se utilizó un anemómetro para medir las velocidades de viento por hora de lunes a viernes de 10 a 18 horas en cada lugar. Se crearon gráficos de perfiles del viento que indicaron que el mayor potencial eólico se encuentra entre las 12 y 13 horas y las 18 horas.

La investigación de Byll (2019), que estudio cómo utilizar la energía eólica para mejorar la calidad de vida de los residentes de Llicua Alta, se asemeja parcialmente a lo que obtuvo. En esta investigación, medió la velocidad del viento con un anemómetro en tres hogares, y los resultados indicaron que el mayor potencial eólico se produce entre las 13 y 17 horas.

Además, utilizamos el método estadístico de probabilidad de frecuencia de Weibull. Según los datos reales, se aplicó el estadístico a una altura de 3 metros, lo que resultó en una velocidad promedio de 6,95 m/s y una potencia de 234,1 W/m2; también se extrapoló a una altura de 30 metros, lo que resultó en una velocidad promedio de 9,60 m/s y una potencia de 616.2 W/m2.

Los resultados obtenidos son similares a los de la investigación de Rabbani y Zeeshan (2020), que evaluó el potencial del viento en las ciudades de Pakistán a alturas entre 10 metros y 80 metros utilizando el método de Weibull. Se descubrió que 4 ciudades, Sujawal, Sanghar, Tando y Umerkot, tuvieron un potencial de 355,6 W/m2, 312 W/m2, 288,2 W/m2 y 252,8 W/m2.

Sin embargo, Al-Wesabi [et al.] (2021) utilizó el método de Weibull para aprovechar la energía eólica en Yemen. Recogió datos durante cinco años y encontró potenciales de 220,8 W/m2 a 10 metros y 822,6 W/m2 a 30 metros.

Se utilizó un aerogenerador y otros equipos para determinar la eficiencia productiva de la energía eléctrica generada. El almacenamiento se registró por hora de lunes a viernes de 10 a 18 horas por cada punto. Se crearon gráficos de voltaje almacenado y se descubrió que las horas con la mayor producción de energía fueron de 12 o 13 horas hasta las 18 horas, con una generación de voltaje de 0,5v a 1,5v por hora.

Los hallazgos son similares a los del estudio de Byll de 2019 que evaluó el uso del potencial eólico en Llicua Alta. Este estudio utilizó equipos reales como un aerogenerador, una batería y otros, y encontró que la producción de energía más alta se produjo entre las 13 y las 17 horas, con voltajes de 0.2v a 0.4v por hora.

Además, se calculó la energía teórica producida utilizando datos de velocidad, densidad y área de rotor de aerogeneradores a pequeña y gran escala de 3 a 30 metros. Con una altura de 3 metros, se generó 11.71KWh, mientras que con 30 metros, se generó 10771.12KWh.

V. CONCLUSIONES

1. Se encontró la posibilidad de generar energía eléctrica utilizando el potencial eólico en la ciudad de Marcona, se reportó 59.737,4438 kW-h anuales que podría servir para abastecer a la población aledaña y reducir la emanación de sustancias con efecto invernadero.
2. Se realizó la recolección de datos de generación de voltaje en los cuatro puntos, gracias a la aplicación de un aerogenerador, controlador de aerogenerador, controlador de carga y una batería, por lo cual se identificó que la mayor generación de energía se encuentra a partir de 12 o 13 horas hasta las 18 horas, con voltaje que va de 0.5v a 1.5v, con fórmulas matemáticas se calculó la energía teórica en KWh con datos reales, a 3 metros de altura se obtuvo una producción de 11.71KWh y para 30 metros de altura se obtuvo 10 771.12KWh, se puede afirmar que si existe una generación eficiente de energía
3. Se identificó que la gran mayoría de pobladores encuestados no presentaban los conocimientos adecuados sobre el uso de la energía eólica (68,6%).
4. Con el uso del grafico la rosa de los vientos se pudo estimar la dirección del viento que fue de sur – este, este grafico sirve para evaluar la dirección y facilita posteriores análisis para determinar la potencia.
5. Se estimó la densidad del viento en la ciudad de Marcona la misma que fue de 1,18kg/m3.
6. Por último, se elaboró un presupuesto aproximado para la implementación de un generador eólica de mediana capacidad, el mismo que sería de 6.500 soles.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para la realización de un muestreo de velocidad de viento, para estudios a gran escala se debe implementar un centro de monitoreo de velocidad de viento con equipos adecuados por el lapso de un año, además los estudios a pequeña escala deben ser realizado con la implementación de anemómetro manual, el equipo siempre debe estar direccionado a donde gira el rotor del aerogenerador
2. A la población en general tomar conciencia y buscar información sobre la utilidad de las energías renovables, el ahorro que permite y sobre todo la reducción de los gases de efecto invernadero.
3. A las autoridades realizar políticas “verdes” donde el uso de las energías renovables sean prioridad, fomentar e implementar la formación de parques eólicos principalmente en el sur peruano donde las características meteorológicas son las más adecuadas.
4. Realizar intercambios científicos con otros países, que sean pioneros en este tipo de energías, para realizar simposios, capacitaciones y el intercambio de información para fortalecer este tipo de tecnologías.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alejandro Ayestarán. *Perspectivas de desarrollo de la energía eólica en la Argentina y el mundo.* Tesis de pregrado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Buenos Aires. 2005, 75p.
2. Bernal C. (2010). *Metodología de la investigación* (3a. ed.). Pearson.
3. Cherca Ramírez, Juan Avilio. *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural la Gramita de Casma*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – 2014, 156p.
4. Chávez N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa* (3era ed.). Maracaibo: La Columna;2007.
5. Fartash, K., Ghorbani, A., Khayatian, M. and Elyasi, M. (2022). Analysing the interrelationship of knowledge creation and diffusion challenges of renewable energy technologies development in Iran, *International Journal of Energy Sector Management, 16* (3): 429-447. https://doi.org/10.1108/IJESM-02-2021-0023
6. Foley, A., Leahy, P. G., Marvuglia, A., y McKeogh, E. J. (2012). Current methods and advances in forecasting of wind power generation. Renewable Energy, 37, 1-8.
7. Galindo. Pre factibilidad de los parques eólicos marítimos, Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica Zacatenco, México 2013, 28 p.
8. Geman, H., y Roncoroni, A. (2006). Understanding the fine structure of electricity prices. The Journal of Business, 79 (5).
9. Gil, M., y Maya, C. (2008). Modelación de la volatilidad de los precios de la energía eléctrica en Colombia. Revista de Ingenierías, Universidad de Medellín, 7 (12), 87-114.
10. Hull, J. C. (2011). Options, futures, and other derivatives (8th. ed). New Jersey: Pearson-Prentice Hall.
11. Lamothe, P., y Méndez, M. (2007). Valoración de un parque eólico con opciones reales. Universia Business Review - Actualidad económica, Tercer trimestre, 26-41.
12. Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
13. Hugh Rudnick Van De Wyngard, Profesor Titular Pontificia Universidad Católica de Chile (s.f): "La generación eólica" p. 21-34.
14. La Prensa (2013). Rivas, la meca de la energía eólica de Nicaragua. En la plataforma virtual www.laprensa.com.ni, extraído de http://www.laprensa.com.ni/2013/05/19/nacionales/147267-rivas-la-meca-de-la-energia-eolica-de-nicaragua
15. Moragues,J. y Rapallini, A. (2003). Energía Eólica. Instituto Argentino de la Energía

"General Mosconi". p. 3.

16. Linares, Guillermo, & Siche, Raúl. (2016). López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, *9*(8), 69, 74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012.
17. Luis Alberto. *Diseño de un sistema de calefacción alimentado por un aerogenerador*. Tesis de pregrado. Pontifica universidad católica del Perú, Lima 2007, 98p.
18. Lucía, J. J., y Schwartz, E. S. (2002). Electricity prices and power derivatives: evidence from the Nordic Power Exhange. Review of Derivatives Research, 5 (1), 5-50.
19. Martínez, R., y Pinzón, R., et ál. (2006). Opciones de cubrimiento del riesgo por subidas fuertes en los precios del mercado en bolsa de energía y su relación con el cargo por capacidad. Colombia: Colciencias-isa-Escuela Colombiana de Ingeniería.
20. Mascareñas, J. (2002) Las decisiones de inversión como opciones reales: un enfoque conceptual. Revista Ejecutivos de Finanzas Argentina, 180 (agosto), 33-55.
21. Mascareñas, J., Lamothe, P., López, F., y de Luna, W. (2004). Opciones reales y valoración de activos: como medir la flexibilidad operativa en la empresa. Madrid: Prentice-Hall.
22. Mejía, O. (2003). Para medir la flexibilidad se deben usar opciones reales: una visión global. Revista Estudios Gerenciales, 00 (87), 95-111.
23. Méndez, M., Goyanes, A., y Lamothe, P. (2009). Real options valuation of a wind farm. Recuperado en diciembre del 2011 de www.realoptions. org/papers2009/46.pdf.
24. Moreto, N. (2020). Estimación del potencial eólico para la producción de energía eléctrica en la Meseta Andina distrito de Frías – Ayabaca [tesis pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio UCSS. https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/799.
25. Roque Rodríguez, Alfredo E., Ferrer Hernández, Adrián, Borrajero Montejo, Israel, & Sierra Lorenzo, Maibya. (2008). Elaboración de pronóstico energético a corto plazo para parques eólicos. Ingeniería Energética, 39 (2), 115-122.
26. Romero, I y Jara, D. (2000) Identificación de las barreras que obstaculizan la expansión de la energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación eléctrica en el Ecuador.
27. Supo, J. (2012). *Tipos de investigación. Seminarios de investigación científica* (3ed.). https://seminariosdeinvestigacion.com/
28. Torres, A. y Moreno, C. (2018). Evaluation of the wind potential in the Popular Council of Cojímar. *Revista Cubana de Meteorología*, 24 (3): 256-267. http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/432/520
29. Yancachajlla, U., Taipe, C. y Gallegos, J. (2019). Estimación del Potencial Energético

Eólico para la Ciudad de Juliaca, Perú. *Revista de Investigación Científica, 1* (4). http://repositorio.unaj.edu.pe/xmlui/handle/UNAJ/56

30. Vega, J. (2000). Valoración de empresas. Madrid: Departamento de Investigaciones Instituto Empresa.
31. Venetsanos, C., Angelopoulou, P., y Tsoutsos, T. (2002). Renewable energy sources project appraisal under uncertainty: the case of wind energy exploitation within a changing energy market environment. Energy Policy, 30 (4), 293-307.
32. Vergara, W., Deeb, A., Toba, N., Cramton, P., y Leino, I. (2010). Wind energy in Colombia: a framework for market entry. Washington D.C.: World Bank.
33. Villalobos Jara, Felipe Alberto. (2009). Fundaciones para turbinas eólicas costa afuera. *Revista ingeniería de construcción*, *24*(1), 33-48. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732009000100002.
34. World Energy Council (1992). Energy for tomorrow's world - The realities, the real options and the agenda for achievement: draft summary of global report. London: World Energy Council.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTECIA

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Indicadores Escala
Variable Independiente: Potencial Eólico	Es la velocidad con la que fluye el viento de un área de alta presión a la inversa, lo cual hace que sea aprovechable para generar energía eléctrica, también se dice que son las zonas preferentes para la futura exploración in situ y que serían de interés para la instalación de aerogeneradores o parques eólicos. (Atlas Eólico del Peru, 2016)	Para poder identificar el potencial eólico se eligió cuatro puntos de muestreo en pampas de Reque, gracias al anemómetro y la ficha de recolección de datos se anotó las velocidades del viento durante 5 días en cada punto, en un intervalo de tiempo de 10-18 horas.	Energía cinética del viento	Velocidad del viento (m/s)	Razón
Variable Dependiente: Generación de energía eléctrica	La producción de energía eléctrica se define que es la transformación de un tipo de energía que existe en la tierra que mediante un sistema pasa a ser energía eléctrica, las principales fuentes tenemos: la nuclear, hidráulica, eólica, solar, química y térmica. (Osinergmin, 2019)	La energía cinética del viento es captada con las palas del aerogenerador convirtiéndole en energía eléctrica aprovechable, siendo registrado con el controlador de carga. La potencia y energía estimada fueron calculados con fórmulas matemáticas y estadísticas con el software Excel.	Energía almacenada	Voltios (v)	Razón
			Potencia estimada	Whatts(w)	Razón
			Energía estimada	kilowatt(KWh) (KWh/m2)	Razón

Anexo 2

Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
PROYECTO:	Aprovechamiento del potencial eólico para generar energía eléctrica en la ciudad de Marcona, Ica-2022	
COORDENADAS:		
FECHA:		
ENCARGADOS:	Rivera Chang Wilder Roni	
HORA	**VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)**	**GENERACION DE ENERGIA (v)**
10:00 a.m.-11:00 p.m.		
11:00 p.m.-12:00 p.m.		
12:00 p.m.-01:00 p.m.		
01:00 p.m.-02:00 p.m.		
02:00 p.m.-03:00 p.m.		
03:00 p.m.-04:00 p.m.		
04:00 p.m.-05:00 p.m.		
05:00 p.m.-06:00 p.m.		