



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



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>



Recibo de pago N° 818351

Visto el Informe N° 065-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

N° 063-2025

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:

“ESTUDIO DEL COMPLEJO EÓLICO WAYRA I Y EL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL, PROVINCIA DE NASCA, REGIÓN ICA, AÑO 2023”

Presentado por:

MUNARRIZ CARRIZALES, ROBERTO JACKOVENCKO

BACHILLER de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA ELECTRÓNICA. El resultado obtenido es un porcentaje de TRES POR CIENTO (3%), 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.

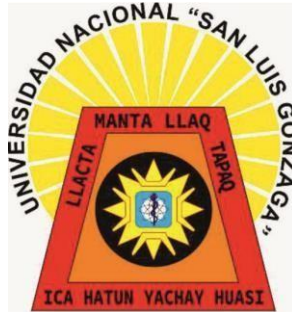
Ica, 26 de febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dr. José Luis Donayre Pasache
DIRECTOR DE UNIDAD

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



INFORME FINAL DE TESIS

“Estudio del complejo eólico Wayra I y el sistema eléctrico interconectado nacional, Provincia de Nasca, Región Ica, año 2023”

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

Presentado por:

ROBERTO JACKOVENCKO MUNARRIZ CARRIZALES

Ica, Perú

2024

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mis padres, principalmente a mi madre que ha sido un pilar fundamental en mi formación, a mi esposa e hija Aitana quien ha sido mi mayor motivación, gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su paciencia y comprensión.

Roberto Jackovencko Munarriz Carrizales

AGRADECIMIENTO

Antes de todo, agradezco a DIOS por darme salud, perseverancia, por guiarme en cada paso que doy, sabiduría para mejorar día a día en mi ámbito profesional y como persona.

Así mismo agradecer sinceramente a mi asesor de tesis Percy Abel Gonzáles Allauja su esfuerzo y dedicación.

Sus conocimientos, consejos y paciencia han sido fundamentales para mi formación. Finalmente agradecer a todos los que estuvieron presente durante toda mi formación, familia, amigos y docentes, valoro a cada uno de ustedes, sin ustedes nada de esto sería posible.

ÍNDICE

Portada	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
- Índice de contenidos	v
- Índice de tablas	vi
- Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix

CUERPO DEL INFORME FINAL

I. Introducción.....	10
II. Estrategia metodológica	21
III. Resultados.....	30
IV. Discusión	45
V. Conclusiones	46
VI. Recomendaciones	47
VII. Referencias bibliográficas	48
VIII. Anexos	49

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del Problema.....	11
1.2. Antecedentes de la Investigación	13
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	13
1.2.2. Antecedentes Nacionales	14
1.2.3. Antecedentes Locales	15
1.3. Teoría Relacionada al Tema.....	16
1.4.1. Problema general	22
1.4.2. Problemas Específicos	22
1.4. Justificación e importancia de la investigación	22
1.5.1. Justificación	22
1.5. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
1.6. Hipótesis y variables de la investigación.....	23
1.7.1. Hipótesis.....	23
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	25
2.1. Diseño de la investigación	25
2.1.1. Tipo de Investigación	25
2.1.2. Nivel de investigación.....	25
2.2. Variables, Operacionalización	25
2.2.1. Del Problema General	25
2.2.2. De las Dimensiones	26
2.3. Población y muestra.....	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
2.4.2. Contrastación de la hipótesis	28

2.4.3. Metodología para el estudio de la estructura de un sistema de inyección de energía.

29

III RESULTADOS	31
3.1 Aspectos Generales.....	31
Generación de energía eólica.....	31
3.2. Ficha técnica de la central y descripción de componentes de la central eolica.....	32
3.3. Descripción del Análisis de los Datos del SEIN y las Condiciones Meteorológicas (NASA POWER) para el Año 2023.....	35
IV. DISCUSIÓN	54
V. CONCLUSIÓN	56
VI. RECOMENDACION.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Datos para el análisis de correlación	41
Tabla II: Resumen de resultados energía generada y eficiencia	53
Tabla III: Resumen de resultados variables y correlación con energía generada.....	53
Tabla IV: Resumen de discusión crítica de resultados.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del parque eólico Wayra I	12
Figura 2: resumen de resultados energía generada y eficiencia.....	21
Figura 3: Buscador de información principal para desarrollo de tesis.....	27
Figura 4: Estructura de un sistema de inyección de energía.....	30
Figura 5: Buscador de información Nasa Power.....	37
Figura 6: Buscador de información portal COES	37
Figura 7: Tendencia mensual de energía genera (MWh)	42
Figura 8: Relación entre energía generada y velocidad del viento	42
Figura 9: Relación entre energía generada y temperatura	43
Figura 10: Eficiencia mensual del complejo Eólico Wayra I.....	44

RESUMEN

La presente tesis titulada "Estudio del Complejo Eólico Wayra I y el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, Provincia de Nasca, Región Ica, 2023" se centra en analizar la interacción entre el complejo eólico y el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El objetivo principal es evaluar cómo la capacidad de generación del Complejo Eólico Wayra I influye en la estabilidad del suministro eléctrico y los costos asociados, especialmente bajo condiciones meteorológicas fluctuantes. El estudio también abarca la relación entre las variables meteorológicas, como la velocidad del viento, y la eficiencia en la generación de energía. Los resultados obtenidos muestran una eficiencia promedio del 35.72% en los primeros siete meses de 2023, con una correlación moderada entre la velocidad del viento y la energía generada (-0.34). El análisis concluye que, aunque la energía eólica contribuye de manera significativa a la reducción de emisiones de CO₂ y la diversificación de la matriz energética, existen oportunidades para mejorar la eficiencia a través de sistemas de almacenamiento y monitoreo avanzado.

Palabras clave: generación, eólica, eficiencia, energética, condiciones, meteorológica

ABSTRACT

This thesis entitled “Study of the Wayra I Wind Complex and the National Interconnected Power System, Nasca Province, Ica Region, 2023” focuses on analyzing the interaction between the wind complex and the National Interconnected Power System (SEIN). The main objective is to evaluate how the generation capacity of the Wayra I Wind Power Complex influences the stability of the electricity supply and associated costs, especially under fluctuating weather conditions. The study also covers the relationship between meteorological variables, such as wind speed, and power generation efficiency. The results obtained show an average efficiency of 35.72% in the first seven months of 2023, with a moderate correlation between wind speed and energy generated (-0.34). The analysis concludes that, although wind energy contributes significantly to the reduction of CO₂ emissions and the diversification of the energy matrix, there are opportunities to improve efficiency through advanced storage and monitoring systems.

Keywords: generation, wind, energy, efficiency, weather, conditions, wind power, energy, generation

I. INTRODUCCIÓN

El Complejo Eólico Wayra I y su conexión con el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Peruano es un tema de gran relevancia en el ámbito de la energía renovable en el país. Este complejo, ubicado en la región de Ica, se ha convertido en una importante fuente de generación de energía eléctrica proveniente de la eólica, contribuyendo así a la diversificación de la matriz energética peruana.

El Complejo Eólico Wayra I está compuesto por una serie de aerogeneradores que aprovechan la energía del viento para producir electricidad. Estos aerogeneradores, distribuidos estratégicamente en el territorio, capturan la fuerza del viento y la transforman en energía cinética, la cual es convertida posteriormente en energía eléctrica. De esta manera, se logra generar una cantidad significativa de electricidad de manera limpia y sostenible.

La conexión del Complejo Eólico Wayra I con el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional es fundamental para garantizar el suministro de energía a todo el país. El Sistema Interconectado Nacional permite la integración de diferentes fuentes de generación de energía, como la hidroeléctrica, térmica, fotovoltaica y eólica, con el objetivo de asegurar un suministro constante y confiable.

Uno de los aspectos clave en esta conexión es la frecuencia eléctrica. La frecuencia eléctrica es un parámetro fundamental en el funcionamiento del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, ya que garantiza la estabilidad en la transmisión y distribución de la energía eléctrica. El Complejo Eólico Wayra I, al igual que otras fuentes de generación de energía, debe ajustar su producción para mantener la estabilidad del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

1.1. Planteamiento del Problema

El complejo Eólico Wayra I es un conjunto de aerogeneradores que producen energía eléctrica que se “inyecta” al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, este es un sistema, cuya generación principal, son las hidroeléctricas que producen energía firme, y la que produce Wayra I es pulsante y puede producir perturbaciones en el S.E.I.N. pero existe unos dispositivos que lo promocionan como Recursos Energéticos Renovables, que son beneficiosos para conservar el medio ambiente por lo tanto su sostenibilidad, entonces se trata de explicar cuales son los criterios técnicos para conectar el suministro eléctrico producido por Wayra I y el S.E.I.N.

Esto es bueno porque reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables. En muchas zonas, la dependencia de fuentes de energía no renovables, como el gas y el petróleo, estos pueden aumentar significativamente la cantidad de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera durante su quema.

Retos que pueden abarcar la conversión a fuentes renovables de energía por factores políticos, tecnológicos y económicos.

Necesidad de adaptación y resiliencia: Las comunidades locales suelen necesitar aplicar medidas de adaptación y reforzar la resiliencia ante los impactos del cambio climático. Esto podría implicar la construcción de infraestructuras más robustas, la gestión sostenible del agua y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

Participación de la comunidad: La participación activa de la comunidad es crucial para abordar los retos locales relacionados con la transición energética y el cambio climático. Sensibilizar y educar a la población sobre la importancia de estas cuestiones puede ser decisivo para aplicar eficazmente medidas sostenibles.

Políticas y normativas: La ausencia de políticas y normativas sólidas puede obstaculizar la transición hacia una economía más sostenible y resistente al clima.

Disponer de marcos normativos que fomenten la adopción de tecnologías limpias y promuevan prácticas sostenibles. En este caso sería necesario que se plantee algún incentivo a la población por participar o migrar a utilizar energías renovables como la energía del sol y su conversión vía sistemas fotovoltaicos.

- Latitud : $-15^{\circ} 3' 6.7''$
- Longitud : $-75^{\circ} 3' 16.1''$
- Sistema geodésico : WGS84
- Localización precisa : sí

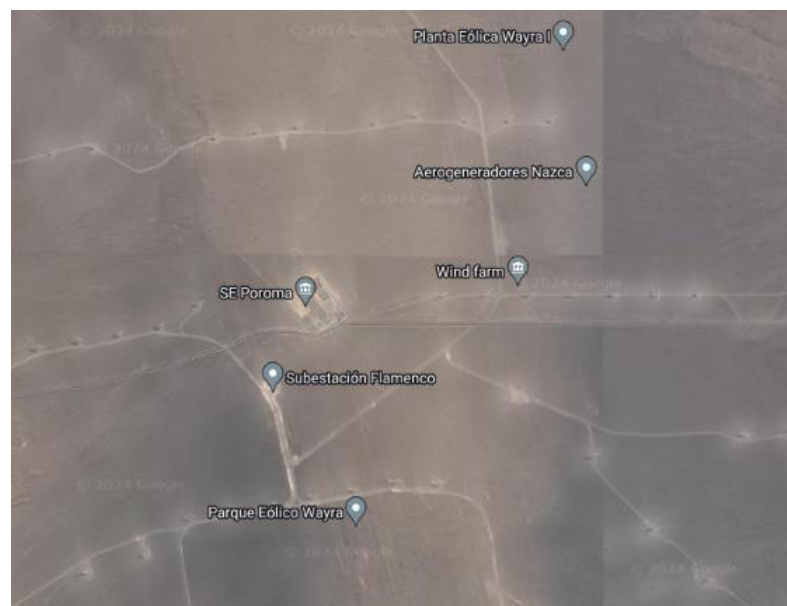


Fig. 1 Ubicación del parque eólico wayra I

1.2. Antecedentes de la Investigación

La presente investigación tiene como base científica y teórica los siguientes trabajos previos internacionales, nacionales y locales; dichas investigaciones han sido realizadas anteriormente y tienen relación con la problemática planteada en este estudio

1.2.1 Antecedentes Internacionales

J. Fernandez en el 2020; Plantea “El objetivo de este proyecto es estudiar la implantación de un parque offshore en la Costa de Cádiz. Para ello, se analizarán varios aspectos del proyecto, como el emplazamiento óptimo del parque, la elección de los distintos componentes del mismo (aerogeneradores, sistema eléctrico, disposición, soportes, etc.), así como el análisis del recurso eólico y la viabilidad económica del proyecto A través del estudio de viabilidad, donde se analiza tanto el recurso eólico de la zona como la cantidad de energía que se puede obtener mediante un análisis estadístico basado en una distribución de Weibull, se ha podido constatar como el recurso eólico del emplazamiento es muy grande, llegando a alcanzar velocidades medias de 12 m/s aproximadamente a alturas de más de 80 metros, favoreciendo así la posible implantación del parque eólico. Se estima para este proyecto que la producción de energía anual del parque eólico sería de 660 GWh, lo que supondría un gran aporte a la producción de energía eólica a nivel nacional. Por último, el estudio de la viabilidad económica del parque, mediante un análisis de flujo de caja, muestra unos resultados muy positivos desde el punto de vista económico-financiero, con un TIR del 8.65 %, un VAN positivo, y un período de retorno de la inversión de 9 años y 4 meses, por lo que se puede concluir que el proyecto es rentable” [1].

R. Miranda en el 2022; Plantea “La integración de fuentes de generación renovable variable no convencional (ERV's) en el sistema interconectado nacional a partir de enero 2014, ha ocasionado un incremento en la frecuencia de activación de la reserva rotante del sistema, a causa de la operación estocástica de los sistemas eólicos y solar fotovoltaico. Esta situación asociada al crecimiento inusual en la capacidad instalada del sistema, ha ocasionado un incremento sostenido de la reserva de potencia del sistema para contribuir en la regulación de frecuencia posterior a un desequilibrio entre la oferta y demanda. El presente trabajo determina la reserva rotante del sistema con la integración de las ERV's al SIN, evaluando los requerimientos técnicos y económicos del sistema para atender la regulación de frecuencia. La reserva rotante del sistema no es compensada económicamente a los generadores como un servicio complementario, por lo cual la asignación de un margen de reserva de potencia del sistema, que garantice el equilibrio entre la oferta y demanda posterior a una perturbación debe ser evaluada para establecer un valor mínimo adecuado en el SIN. Este trabajo se estructura en los siguientes capítulos: justificación, marco legal, marco teórico, marco practico y conclusiones, realizando un

análisis estadístico de la operación del SIN, para determinar el impacto de las ERV's en la potencia ofertada, la activación de la reserva rotante, el costo marginal y las fallas durante la operación, evaluando los requerimientos de reserva del sistema asociado a un valor mínimo de constante de tiempo de inercia de masas rotantes en el parque generador. La reserva rotante propuesta en este documento, considera la frecuencia y probabilidad de la mayor potencia desconectada durante una falla en operación del sistema en base al análisis estadístico de la operación del SIN, determinando un valor de reserva de 6% para el bloque alto con una constante de tiempo de inercia del sistema de 167 s" [2].

1.2.2. Antecedentes Nacionales

En el 2019 D. Nuñez; Plantea en su investigación "Según los datos del OSINERGMIN actualmente se han instalado 5 parques eólicos a los largo de la costa peruana ubicados en las regiones de Ica Piura y La Libertad , quienes suman una potencia instalada de 364 MW ,beneficiando a más de 710 000 hogares al año en todo el Perú con energía limpia .El comité de operaciones económicas del sistema interconectado nacional (COES) en los procedimientos 20, 21 y 22 establece los requerimientos de evaluación para determinar la reserva rotante en el sistema interconectado y así establecer el control primario de frecuencia . Sin embargo, en el Perú aún no se han llevado a cabo estudios de regulación primaria de frecuencias considerando la participación de los generadores eólicos, teniendo como base de información que el Perú está proyectando aumentar sus unidades de generación eólica para el 2025, es por ello que en el presente trabajo se pretende desarrollar una metodología de identificación del modelo de una unidad de generación eólica con énfasis en el regulador de velocidad para aplicación y evaluación del control de frecuencia en el sistema interconectado nacional , ya que el COES aún no regula el control de frecuencia para el tema de unidades de generación eólica lo cual es favorable y ambicioso desarrollar proyectos eólicos en el Perú Tenemos que tener en cuenta que para la regulación de velocidad y frecuencia en la generación se utiliza un control PID, las mediciones obtenidas de una unidad de generación eólica serán analizadas para su identificación y posterior aplicación al modelo obtenido para el control primario de frecuencia. Debemos tener en cuenta que para el desarrollo y comprobación de los resultados estamos utilizando los programas de MATLAB Y POWER FACTORY los cuales nos permiten modelar y comparar los datos obtenidos. El modelo identificado que representa a la unidad de generación eólica se introduce al MATLAB (SIMULINK) y con los datos de campo del relé de control se ajusta los valores para un control de frecuencia y una estabilidad que se representa en el MATLAB y POWER FACTORY, dichos valores estarán sujetos a variaciones de acuerdo al evento o contingencia que se presente" [3].

F. Davila en el 2021; Establece que “El análisis de la producción de energía solar a partir de las centrales solares fotovoltaicas (FV) y de la energía eólica a partir de los parques eólicos, permite identificar que existe una reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El desarrollo del presente trabajo de investigación busca contribuir con información actualizada y específica acerca de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se evitan debido a la operación de las centrales solares FV y de las centrales eólicas en el SEIN. El objetivo del presente estudio de investigación es determinar las emisiones de CO₂ evitadas debido al ingreso de las centrales solares FV y de las centrales eólicas al despacho eléctrico del Perú ejecutado en el año 2020. La metodología utilizada en el cálculo de las emisiones de CO₂ evitadas se basa principalmente en el despacho eléctrico ejecutado diariamente en el SEIN, incluyendo centrales de generación térmica, solar FV y eólica. La información sobre el despacho eléctrico del Perú se obtuvo del Comité de Operación Económica del Sistema (COES), mientras que la información acerca de factores de emisión de combustibles fósiles se obtuvo del International Panel on Climate Change (IPCC). En el presente trabajo de investigación, se evidencia el desplazamiento de ciertas fuentes de generación debido al ingreso de las centrales solares FV y las centrales eólicas al despacho eléctrico del SEIN. El análisis correspondiente se realizó para los 366 días del año 2020. Los resultados, evidencian que, durante el año 2020, se evitó un total de 947 729 TonCO₂, que se hubiesen producido utilizando combustibles fósiles, en el caso de que no existiera la generación eléctrica solar FV y eólica. Dichas emisiones de CO₂ corresponden a la generación eléctrica a partir de Gas Natural. Asimismo, se determinó que por cada MWh de energía solar FV y eólica producida se evita 0,37 toneladas de CO₂” [4].

1.2.3. Antecedentes Locales

En el 2019 C. Rodríguez; Establece que su investigación “Posee un valor teórico y una relevancia social por los beneficios que generara a las familias que radican en la comunidad de San Juan — Marcona, ubicado en la Región Ica. El estudio se sustenta en la evaluación del impacto ambiental, verificación del plan de manejo ambiental y el desarrollo sostenible. En lo concerniente a energía renovables la actividad de generación de energía eléctrica mediante el recurso eólico, en la transmisión y distribución de energía eléctrica. Teniendo en cuenta lo indicado anteriormente y de la necesidad de poder ampliar el horizonte sobre la generación de energía, especialmente en energía renovables realizaremos ejecutar el proyecto "Parque Eólico San Juan y su conexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional", ubicado en el distrito de Marcona, provincia de Nasca, región de Ica. El proyecto indicado tiene como objetivo transmitir la energía producida por el Parque Eólico San Juan — Marcona; al SEIN, mediante una línea de transmisión de 32.5 km que unirá la

Subestación Eléctrica del Parque Eólico San Juan con la Subestación Eléctrica existente en Mamona” [5].

1.3. Teoría Relacionada al Tema

Energía eólica y desarrollo sostenible

La energía eólica, una fuente cada vez más importante y confiable, se ha materializado como un faro prometedor en la búsqueda de alternativas que se integren perfectamente con los principios del desarrollo sostenible. Esta forma de producción de energía renovable y neutra en carbono no sólo satisface de manera competente las demandas energéticas globales actuales, sino que extiende sus beneficios aún más al ámbito de la conservación del medio ambiente.

Comprometidos con la tarea de mitigar nuestra huella ambiental, la implementación de la energía eólica tiene como objetivo reducir drásticamente los efectos perjudiciales que trae consigo la producción de energía tradicional basada en combustibles fósiles. Presenta una solución eficaz, que sirve como antídoto al problema cada vez mayor de las emisiones de gases de efecto invernadero, que son los principales responsables del ritmo acelerado del calentamiento global y el cambio climático.

Adoptar la energía eólica permite a las sociedades de todo el mundo dar un paso adelante hacia un futuro limpio, sostenible y más verde. De hecho, representa un excelente ejemplo de cómo los avances tecnológicos en la producción de energía pueden coincidir armoniosamente con el mantenimiento de la integridad de nuestro ecosistema global. Al priorizar hoy estas prácticas sostenibles, estamos asegurando un mundo más resiliente y equilibrado para las generaciones venideras.

Funcionamiento de complejos eólicos

El complejo eólico Wayra I merece sin duda una inspección minuciosa, ya que representa un importante caso de estudio en el campo de la producción de energías renovables. La investigación evaluará exhaustivamente numerosos elementos cruciales, como su infraestructura bien estructurada y los aspectos altamente técnicos de su capacidad de producción. Además, se examinarán rigurosamente los tipos y la eficacia de las tecnologías utilizadas dentro del complejo. Un aspecto importante del análisis se centrará en el grado de su integración dentro de la comunidad local y el marco nacional más amplio.

Otros elementos que merecen un análisis en profundidad son la mecánica específica y la eficiencia de los aerogeneradores instalados en el complejo. Esto incluye el intrincado funcionamiento de los mecanismos, sus capacidades individuales y colectivas para la generación de energía y su confiabilidad general.

Las fluctuaciones en la velocidad del viento local representan una variable naturalmente inherente a la generación de energía eólica. Por lo tanto, el alcance del impacto que estas variaciones imponen sobre la generación de energía dentro del complejo eólico Wayra I

también formará una parte importante del estudio. Esto implicará una investigación detallada de datos meteorológicos históricos, mediciones en tiempo real y una predicción analítica de tendencias y condiciones futuras.

A través de un análisis extenso y profundo, se pretende desarrollar un conocimiento pleno de todos los aspectos relacionados con las considerables capacidades del complejo eólico Wayra I. Al hacerlo, las ideas y los conocimientos obtenidos podrían arrojar luz sobre caminos viables para futuros desarrollos en el sector de las energías renovables.

Cada aerogenerador recibirá la energía cinética del viento captándola mediante el movimiento de las aspas, los que alimentarán a un generador alojado en la góndola, produciendo energía eléctrica. La energía generada pasa a un convertidor que se encarga de cambiar la frecuencia de la corriente y el voltaje, para luego pasar a un transformador que elevará el voltaje a media tensión. Luego esta energía será transportada mediante un sistema colector, el cual consta de líneas eléctricas subterráneas que se dirigen a la subestación elevadora existente. Desde ahí será conducida a la subestación de interconexión, que controlará el envío de energía eléctrica hacia el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El funcionamiento de cada aerogenerador será supervisado y controlado a través de un sistema centralizado suministrado por el fabricante, el cual será situado en la Sala de Control que se ubica en la subestación Flamenco existente. Durante la operación de la central se realizarán periódicamente actividades de mantenimiento preventivo, entre las cuales se incluirán actividades de inspección, pruebas y medidas que se efectuarán para predecir el estado de las unidades componentes de los aerogeneradores. De ser necesario, se incluirán acciones correctivas menores, periódicas y programables, tales como el ajuste de conexiones, retoques de pintura, ajustes de protecciones, lubricación, reemplazo programado de piezas gastadas, entre otras. En la bodega del edificio de operación y mantenimiento se dispondrá de repuestos y herramientas, para contar de forma inmediata con los insumos necesarios para atender cualquier falla u operación de mantenimiento de emergencia que se requiera. El mantenimiento programado de los aerogeneradores usualmente se realiza dos veces al año, lo que resulta en unos 12 a 18 horas de inactividad para el mantenimiento en cada evento. En general, sólo una parte de los aerogeneradores del parque eólico se paralizan a la vez para el mantenimiento.

Sistema eléctrico interconectado Nacional (SEIN)

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú también conocido con las siglas SEIN, lo podemos definir como el conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas que están conectadas entre todas las líneas de transmisión, así como todos los centros de despacho de carga que existen en nuestro país, el cual permite la transferencia de energía eléctrica entre todos los sistemas de generación eléctrica.

Demanda de energía eléctrica

Los sistemas eléctricos tienen una característica particular y es que, en cada momento la potencia que se genera debe tener el mismo valor que la potencia que se consume. Además, podemos suponer a la red de energía eléctrica como un conducto de flujo dinámico de potencia. De manera rigurosa, tomando un punto de vista de orden eléctrico y considerando diferenciales de tiempo, se crean campos magnéticos y eléctricos que influyen en los procesos eléctricos que demandan una cantidad de energía y quienes al estar en continua variación se producen transferencia y almacenamiento de energía entre los diferentes elementos que conforman las redes eléctricas. (Ruiz, 2010).

Despacho económico

Debido a que la energía eléctrica no puede almacenarse a costos idóneos, es necesario mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda en los sistemas eléctricos, asumiendo decisiones económicas en la operación a corto plazo, tomando en consideración la demanda esperada en cada unidad de tiempo y la disponibilidad en la capacidad de cada tecnología, así como la capacidad de transporte entre nodos. Para el caso de generación térmica, básicamente es necesario ordenar de menor a mayores costos a las diversas generadoras para satisfacer a la demanda en cada unidad de tiempo. Ante la posibilidad de almacenar el agua en los sistemas hidrotérmicos, permite que las decisiones óptimas no dependan únicamente del tiempo, obligando a escoger modelos de programación dinámica, para su optimización. (García Carpio, Dammert Lira, & Molinelli Aristondo, 2008)

Despacho eléctrico

Es necesario mantener un constante equilibrio entre la oferta y la demanda debido a que no es posible almacenar la energía eléctrica a costos competitivos, que obliga a asumir decisiones de índole económico de operación en el corto plazo con respecto a la demanda que se espera en cada instante, así como la disponibilidad de la capacidad de cada tipo de tecnología, junto con sus limitaciones como la capacidad de transporte entre los nodos de la red. (Alfredo Dammert, 2010).

Despacho diario con RER Perú

Es necesario tener en consideración el costo variable de cada una de las centrales eléctricas para determinar la producción de energía eléctrica en el Perú, es decir, que las empresas de generación eléctrica solo producirán cuando son llamados a atender la demanda. Es el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), el organismo encargado de poner orden en el despacho eléctrico, lo hace llamando en primer lugar a las centrales hidráulicas que posean los menores costos variables, seguido de las centrales de gas con ciclo combinado, posteriormente las centrales de gas con ciclo simple y al final entran las centrales que operan con Diesel o residual. Las centrales que poseen costo variable elevado (centrales de punta) no son llamados para producir en momentos de

baja demanda, debido a que esta puede ser atendida por aquellas centrales con costos variables bajos. (Lira) Por norma, el COES otorga la preferencia en el despacho diario a la central de generación de energía eléctrica con RER, debido a que se le considera de costo variable cero. Permitiendo así, que las centrales que se sustentan con RER sean las primeras en el orden de despacho eléctrico. (Lira)

Subasta de energía eléctrica producida con RER

La subasta, es el instrumento de asignación en el que, tomando como referencia un grupo de reglas, varios operadores de bienes y/o servicios compiten hasta obtener un vencedor y un precio. El D.L. 1002 impulsó la subasta de energía eléctrica partiendo de los Recursos Energéticos Renovables, que es aprobada por el Ministerio de Energía y Minas. La subasta es conducida por el Osinergmin, quien además fija los precios máximos determinando las Primas mediante amortizaciones anuales. (Ramírez_Osinergmin,_2011).

Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

Comité de operación económica del sistema (COES)

Es el organismo que opera el sistema eléctrico peruano, administra el mercado eléctrico peruano y planifica la transmisión eléctrica del sistema con criterios de economía, calidad y seguridad. El COES es una entidad privada sin fines de lucro cuyos aportantes son los agentes del mercado. El COES se encarga de operar el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) peruano a través del Centro Coordinador Nacional y de administrar el Mercado de Corto Plazo (MCP). Además, el COES es el encargado de realizar el planeamiento de la transmisión, mediante la realización de un plan vinculante (obligatorio) de transmisión.

Es una entidad privada con personería de Derecho Público, sin fines de lucro. Lo integran todos los agentes del SEIN (generadores, transmisores, distribuidores y usuarios libres), las decisiones que acuerdan son vinculantes. Se encarga de coordinar la operación del SEIN al mínimo costo en periodos de corto, mediano y largo plazo, resguardando la seguridad del sistema, además de conseguir la mejor manera de aprovechar los recursos energéticos y programar la ejecución de la transmisión del SEIN, administrando el mercado de corto plazo. (Comité de Operación Económica del Sistema, s.f.)

Operación del SEIN

Consiste en efectuar la programación y coordinación de la operación integrada de los recursos de generación y transmisión del SEIN, de acuerdo con lo estipulado en la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) y la Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica (Ley 28832), cumpliendo con sus respectivos reglamentos y los procedimientos técnicos aprobados por el OSINERGMIN.

Despacho económico

Debido a que la energía eléctrica no puede almacenarse a costos idóneos, es necesario mantener un equilibrio entre la oferta y la demanda en los sistemas eléctricos, asumiendo decisiones económicas en la operación a corto plazo, tomando en consideración la demanda esperada en cada unidad de tiempo y la disponibilidad en la capacidad de cada tecnología, así como la capacidad de transporte entre nodos. Para el caso de generación térmica, básicamente es necesario ordenar de menor a mayores costos a las diversas generadoras para satisfacer a la demanda en cada unidad de tiempo. Ante la posibilidad de almacenar el agua en los sistemas hidrotérmicos, permite que las decisiones óptimas no dependan únicamente del tiempo, obligando a escoger modelos de programación dinámica, para su optimización. (García Carpio, Dammert Lira, & Molinelli Aristondo, 2008).

Despacho diario con RER

Es necesario tener en consideración el costo variable de cada una de las centrales eléctricas para determinar la producción de energía eléctrica en el Perú, es decir, que las empresas de generación eléctrica solo producirán cuando son llamados a atender la demanda. Es el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), el organismo encargado de poner orden en el despacho eléctrico, lo hace llamando en primer lugar a las centrales hidráulicas que posean los menores costos variables, seguido de las centrales de gas con ciclo combinado, posteriormente las centrales de gas con ciclo simple y al final entran las centrales que operan con Diesel o residual. Las centrales que poseen costo variable elevado (centrales de punta) no son llamados para producir en momentos de baja demanda, debido a que esta puede ser atendida por aquellas centrales con costos variables bajos. (Lira)

Por norma, el COES otorga la preferencia en el despacho diario a la central de generación de energía eléctrica con RER, debido a que se le considera de costo variable cero. Permitiendo así, que las centrales que se sustentan con RER sean las primeras en el orden de despacho eléctrico. (Lira)

Mercado de carbono

Es un grupo de transacciones, en donde los volúmenes de reducción de emisiones de GEI son comercializados. Es posible distinguir dos grandes círculos en el que las transacciones de carbón se efectúan. En un círculo, dichas transacciones se ajustan con lo establecido en el Protocolo de Kyoto y, en el otro círculo, se desarrollan alternativas no enmarcadas en los lineamientos del Protocolo de Kyoto, teniendo como ejemplo, la iniciativa voluntaria de reducción de emisiones en EE.UU. tanto a nivel federal como estatal, sabiendo que EE.UU. no forma parte de los países firmantes del Protocolo de Kyoto.

Sistema eléctrico en el Perú

El sector eléctrico del Perú comprende las siguientes actividades: generación, transmisión, distribución, comercialización y operación del sistema. La generación eléctrica, consiste

en la transformación de un tipo inicial de energía (térmica, mecánica, solar, entre otras) en energía eléctrica. Hay que considerar que es necesario contar con infraestructura de transporte de la energía ya que la distancia entre la zona donde se genera la energía eléctrica hasta el punto donde existe la demanda es bastante considerable. (Osinermin, 2011)

Para transportar la energía eléctrica se emplean las líneas de transmisión, quienes cubren grandes distancias con voltajes elevados minimizando así las pérdidas de energía. Esta actividad se conoce como transmisión de energía eléctrica. (Osinermin, 2011) La siguiente actividad, es la distribución eléctrica y es la que permite entregar la energía eléctrica al usuario final mediante su transporte desde el sistema de transmisión hasta los centros finales de consumo. (Osinermin, 2011) La última actividad es la comercialización eléctrica, la misma que puede ser mayorista, cuando se refiere a la comercialización entre los generadores y distribuidores adicionalmente de las transacciones en el mercado, y minorista que implica la comercialización existente con los usuarios regulados del servicio. (Osinermin, 2011) Dentro de la organización de la industria de energía eléctrica tenemos al operador del sistema eléctrico, quien es el encargado del despacho económico de electricidad. En otras palabras, es quien administra la producción de las centrales de generación eléctrica según el orden de mérito respecto a sus costos variables, hasta lograr cubrir la demanda de cada instante. Aquí en Perú el operador recibe el nombre de Comité de Operación Económica del Sistema (COES). (Osinermin, 2011).



Fig. 2 Sistema eléctrico en el Perú

Comercialización eléctrica

Es una actividad complementaria al proceso físico de generación y transporte, cuya función se vincula al transporte de electricidad desde la generación hasta el cliente final y se descompone en: comercialización mayorista (generadores y distribuidores) y minoristas (clientes regulados). (Osinermin, 2016) Esta actividad, del mismo modo que la generación

de energía eléctrica exhibe características de un mercado competitivo, lo que posibilitaría el concurso de un importante número de operados en el mercado. En el Perú, la actividad de comercialización minorista se halla integrada a la distribución eléctrica. (Osinermin,2016). La comercialización añade al sistema mayorista la oportunidad que los consumidores seleccionen a sus proveedores de energía eléctrica. El nivel de competencia en este arreglo estará afectado por la cartera de precios, los diferentes niveles de calidad, así como otros servicios ofertados por los concesionarios hacia los usuarios finales regulados o libres. (Osinermin, 2016).

Formulación del problema

1.4.1. Problema general:

PG1; ¿Cómo el COMPLEJO EÓLICO WAYRA I se puede manejar frente al SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL, Provincia de Nasca, Región Ica, año 2023?

1.4.2. Problemas Específicos

PE1.- ¿En qué medida la Capacidad de Generación del Complejo Eólico Wayra I influye en la Estabilidad del Suministro Eléctrico?

PE2.- ¿En qué medida las Condiciones Meteorológicas influye en los Costos de Energía?

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.5.1. Justificación

Este Proyecto de Tesis se justifica por la importancia de conocer cuáles son las recomendaciones que se pueden aplicar y que deben utilizarse en la Provincia de Nasca, de acuerdo con sus ventajas geográficas, latitud y longitud de ubicación en la parte central del Perú. La justificación de este planteamiento es disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, que es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, y aumentar la participación de fuentes renovables, las cuales son más sostenibles y limpias. En la Departamento de Ica, se esfuerza abordar los efectos del cambio climático, que pueden generar efectos negativos en la economía, el medio ambiente y la sociedad. Considerando las características geográficas, económicas, sociales y culturales de la región y provincia, la tesis podría explorar diversas estrategias y políticas con el objetivo de lograr una transición energética exitosa en la provincia de Nasca.

La importancia de esta investigación es respecto, a la transición energética y su acción contra el cambio climático en la provincia de Nasca, así como en las otras provincias de la región Ica, se basan en varios aspectos clave:

Impactos del cambio climático: Como región costera, la provincia de Nasca podría enfrentarse a importantes impactos del cambio climático, como la subida del nivel del mar, fenómenos meteorológicos extremos (sequías e inundaciones) y cambios en los patrones

de precipitaciones. Estos fenómenos pueden afectar directamente a la agricultura, las infraestructuras y la calidad de vida de la población.

Sostenibilidad medioambiental: La conservación del medio ambiente y los recursos naturales en la provincia de Ica depende de la transición a fuentes de energía renovables y prácticas sostenibles. Esto incluye la protección de los ecosistemas locales, la biodiversidad y la gestión responsable de los recursos hídricos.

Disminución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es crucial para hacer frente al cambio climático. Al comprometerse a una transición hacia fuentes de energía más limpias, la provincia de Nasca puede contribuir a la reducción de las emisiones de GEI a escala local y nacional. En la provincia de Ica, la diversificación de la matriz energética y la aplicación de soluciones climáticas pueden crear oportunidades económicas, como la creación de empleo en el sector de las energías renovables.

Cumplir los compromisos internacionales: Muchos países, entre ellos Perú, participan en acuerdos y compromisos internacionales para mitigar el cambio climático. Al contribuir a estos esfuerzos, la provincia de Ica cumple con sus responsabilidades medioambientales globales.

Salud Pública: La contaminación atmosférica, a menudo asociada a la quema de combustibles fósiles, puede tener repercusiones negativas en la salud de la población. La transición a fuentes de energía más limpias puede mejorar la calidad del aire y, por tanto, la salud pública.

Promover la innovación y el desarrollo tecnológico: La transición energética impulsa la innovación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles. Esto puede tener efectos positivos en la provincia de Nasca al promover la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas.

1.5. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Describir como el COMPLEJO EÓLICO WAYRA I influye en el SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL.

1.6.2. Objetivos específicos

OE1: Demostrar como la Capacidad de Generación del Complejo Eólico Wayra I influye en la Estabilidad del Suministro Eléctrico.

OE2: Averiguar como las Condiciones Meteorológicas influye en los Costos de Energía.

1.6. Hipótesis y variables de la investigación

1.7.1. Hipótesis

Hipótesis general:

Verificar que el COMPLEJO EÓLICO WAYRA I influyen en el SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL.

Hipótesis específicas:

HE1: Analizar como la Capacidad de Generación del Complejo Eólico Wayra I influye en la Estabilidad del Suministro Eléctrico.

HE2: Verificar como las Condiciones Meteorológicas influye en los Costos de Energía.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA.

2.1. Diseño de la investigación.

Para la presente investigación, el diseño de la investigación es descriptivo dado que se estudiara el proceso de conexión eléctrico del complejo eólico al sistema eléctrico interconectado nacional, analizando la capacidad de generación y la influencia de las condiciones meteorológicas en los costos de producción.

2.1.1. Tipo de Investigación

La investigación la podemos considerar No Experimental, dado que las condiciones operativas de los equipos del complejo eólico wayra I y sus incidencias con sistema interconectado no son manipulables, por tal razón, nos limitamos a la observación y análisis, debido a que no podemos intervenir sobre el comportamiento del parque eólico objeto de estudio.

2.1.2. Nivel de investigación

La investigación se considera descriptiva porque se muestran las características de la funcionalidad y sus incidencias del proceso operativo del complejo eólico, estos datos se presentan en tablas con una redacción precisa de las variables estudiadas.

El desarrollo de la investigación es de tipo Aplicada porque se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, a fin de aplicarlas en el proceso de conexión del complejo eólico con el sistema eléctrico interconectado.

2.2. Variables, Operacionalización.

2.2.1. Del Problema General

Variable Independiente Complejo Eólico Wayra I

La Central Eólica Wayra I consiste de cuarenta y dos (42) aerogeneradores, con 3,15 MW de potencia nominal unitaria, con lo que la potencia total instalada en el Parque actualmente es de 132,3 MW. Tal como se indicó en los instrumentos ambientales aprobados del proyecto, las plataformas de montaje persisten para la etapa de operación para un posible mantenimiento o cambio de partes de los aerogeneradores, en caso sea necesario.

La subestación elevadora Flamenco se encuentra en operación y colecta la energía generada por los 42 aerogeneradores, elevando el voltaje de 33 kV a 220 kV, para luego transmitir la energía eléctrica a través de la línea de transmisión hasta la S.E. Poroma que se encuentra conectada al SEIN.

En el interior de la S.E. Flamenco se cuenta con las siguientes instalaciones:

Sala de equipos de media tensión, donde se ubican celdas que contienen

- interruptor de poder, equipos de protección, etc.;
- Sala de control, servicios auxiliares, sistema de cargador de baterías y equipos de

- control y protección;
- Baños, cocina, salas de reunión.
- Almacén para acopio de repuestos y materiales para mantenimiento del parque;
- Bodega para acopio temporal de residuos domiciliarios e industriales peligrosos y no peligrosos.
- Biodigestor.

La línea de transmisión que se encuentra en operación comercial es de 220 kV y tiene una longitud de 0,62 km. Evacúa la energía eléctrica generada por los aerogeneradores al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)

Variable Dependiente Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú también conocido con las siglas SEIN, lo podemos definir como el conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas que están conectadas entre todas las líneas de transmisión, así como todos los centros de despacho de carga que existen en nuestro país, el cual permite la transferencia de energía eléctrica entre todos los sistemas de generación eléctrica.

2.2.2. De las Dimensiones

Variable Independiente : Complejo Eólico Wayra I

- Potencia aparente bruta (debe incluir toda la compensación de reactiva de la central) = MVA
- Potencia nominal de la central = MW
- Número total de aerogeneradores = cantidad
- Horas de utilización equivalentes a plena potencia referidas al periodo anual. = horas
- Horas de utilización equivalentes a plena potencia mes a mes (% con respecto al año) = %
- Nivel de media tensión = kV
- Intensidad de cortocircuito aportada por la central para un cortocircuito en el punto de conexión a la red de transporte= A
- Energía anual comprometida con el estado = GWh
- Sistema de monitoreo = Scada

Variable Dependiente: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

- Medidores de generación.
- Costos marginales
- Costos variables
- Potencia Media Horaria Indisponible de Unidades de Generación, Enlaces de Transmisión y Subestaciones

2.3. Población y muestra

Población

Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 174).

De acuerdo a las variables consideradas para el presente trabajo de investigación, la población está definida por los equipos y sistemas que conforma el complejo eólico Wayra I.

Muestra

Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de ésta” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 173).

Es así que, en la presente investigación; la muestra en la presente tesis es el sistema eléctrico de la Central Wayra I.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica principal se utilizo el análisis documental, se realizo la recopilación de datos mediante los reportes de generación de energía eléctrica inyectada al SEIN por parte de la central eólica desde el 01/01/2023 hasta el 31/12/2023, se realizo la descarga de información del portal web del sistema interconectado eléctrico donde se puede visualizar los medidores de generación en su data base de libre acceso en internet.

Las fuentes secundarias se utilizan para obtener información teórica, para lo cual recurrimos a las bibliotecas, internet y otros tipos de fuentes de información. Toda la información se basa en el uso de libros, revistas, periódicos, publicaciones, normas legales, diccionarios, enciclopedias de las cuales se sintetizarán las informaciones obtenidas a través de fichas textuales, lo cual nos permitirá obtener información ordenada, 64 coherente relacionada al tema de la investigación y nos permitirá lograr los objetivos y contrastar la hipótesis de la investigación.

Medidores de Generación			
Fecha inicial:	Fecha final:	Tipo empresa:	Empresa:
01/01/2023	31/12/2023	GENERACION	ENEL GENERACION PERU S...
Tipo de Generación:	Parámetro:		
EÓLICA	Potencia Activa (MW)		
		Consultar datos	Exportar

Fig. 3 Buscador de información principal para desarrollo de tesis

Se utilizó la encuesta como instrumento de apoyo, El investigador a través de esta fuente recogió la información en forma directa, es decir la técnica y el procedimiento a utilizar nos suministran información adecuada la cual es la siguiente:

Está considerada por un número considerable de ítems en función a los indicadores. Esta técnica se aplicó a las familias que viven en la comunidad de Marcona, en la región Ica.

Esta encuesta contó con sus respectivas alternativas:

TD = Totalmente en Desacuerdo

ED = En Desacuerdo

NA = Ni de acuerdo, Ni en Desacuerdo

DA = De Acuerdo

TA = Totalmente de Acuerdo

Para la ejecución del análisis de los datos, extraí de los registros de generación de energía y los resultados de la encuesta propuesta.

Para el procesamiento de datos de la presente investigación se realizó lo siguiente: Se ordenó y tabulé los resultados de la encuesta que se aplicó a las familias. Se calcularon las frecuencias y porcentajes de los puntajes obtenidos de la encuesta, para luego graficar e interpretar los resultados. Todo lo mencionado se hizo a través de la estadística descriptiva.

Es un muestreo probabilístico aleatorio simple que se obtuvo a través de una fórmula estadística para el cálculo de la muestra con población finita.

La muestra es aleatoria simple y se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 N + Z^2 (p)(q)}$$

donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = nivel de confianza (1,96)

p = Tasa de prevalencia de objeto de estudio (0,5)

q = (1-p) = 0,5

N = Tamaño de la población (20,000)

e = precisión o error (0.05)

Reemplazando datos se obtiene Un valor de:

$$n = \frac{(1.96)^2 (20000) (0.5)(0.5)}{((0.05)^2(20000) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 317$$

Por tanto, se encuestaron a 377 familias en la comunidad de Marcona en el departamento de Ica.

2.4.2. Contrastación de la hipótesis.

Para la contrastación de la hipótesis, se ha tomado en referencia los cuadros de valores obtenidos en las encuestas realizadas a los pobladores, cuyos resultados me permitieron aceptar la hipótesis planteada.

2.4.3. Metodología para el estudio de la estructura de un sistema de inyección de energía.

El aumento de la demanda de energía ha motivado a la implementación de diferentes fuentes de generación priorizando las fuentes que no produzcan impacto negativo al medio ambiente por lo que la opción más factible es el uso de energías limpias. Las energías limpias ayudan al desempeño de la gestión de energía y tienen ventajas como: aumento de la calidad de potencia, aumenta la confiabilidad de las redes eléctricas, pero como todo sistema de generación también tiene desventajas: depende de los limitantes climáticos, si la energía generada no se almacena debe ser utilizada a la par que se genere (Stock, 2011). Este tipo de generación presenta desventajas como la estabilidad de los sistemas eléctricos pues su generación depende de los recursos naturales existentes teniendo en cuenta como volátiles e inciertos (Fellow, 2016). En otros casos cuando se excede con la conexión de fuentes renovables a la red esta no es capaz de suministrar toda la generación y al no contar con sistemas de almacenamiento la energía por demás es desperdiciada produciendo un sistema de generación obsoleto (Stock, 2011). Una alternativa de solución para estos problemas es el uso de los sistemas de almacenamiento de energía (ESS) que están en la capacidad de actuar como sistemas de para salvaguardar y estabilizadores a corto plazo de energía cumpliendo la función de absorber la energía durante periodos no picos de consumo cuando el precio de generación es bajo o cuando la generación supera la demanda (Stock, 2011). Para el abastecimiento la demanda a lo largo de los periodos de carga máxima mientras los costos son altos o mientras no se disponga de algún otro medio de generación (H. Chaoui, November, 2016). Los sistemas para el almacenamiento de energía están iniciando a convertirse en una alternativa real para (Ó. Gallachóir, 2004):

Almacenar la energía eléctrica en horas no picos cuando el costo es mínimo y venderlo cuando exista una mayor demanda en donde el costo es mayor. - Nivelación de cargas: es el uso de la energía almacenada en los periodos picos minimizando así el número de generadores a usar. - Aplazamientos de inversiones: implica el utilizar de almacenamiento para diferir la inversión en las topologías de transmisión y distribución. - Trabajar como sistemas para salvaguardar: podrían minimizar la necesidad de utilizar de generadores dedicados asumir cualquier falla imprevista causada por la falla de un generador grande. - Unificar energías limpias con las redes eléctricas de distribución. - Mayor calidad de energía. - Bases de la energía distribuida. - Ayuda a la red en la operación bajo requerimientos ambientales más severos.

Un sistema de introducción de energía eléctrica está conformado por 4 etapas que se muestran en la figura siguiente y se pueden clasificar como se vio anteriormente (H. Chen, July, 2017):

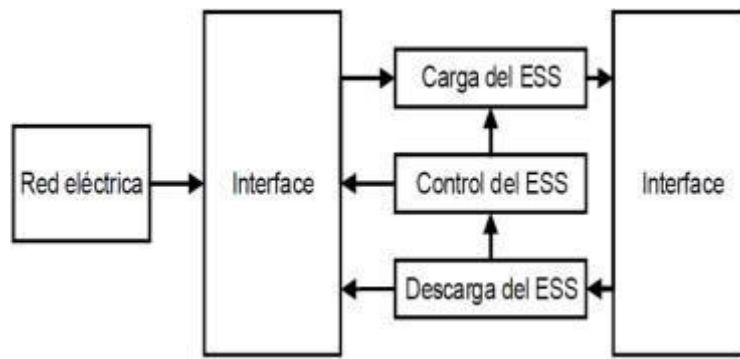


Fig. 4 Estructura de un sistema de inyección de energía.

III RESULTADOS

3.1 Aspectos Generales

Generación de energía eólica

La generación de energía eólica depende directamente de la velocidad del viento, ya que la energía disponible en el viento se incrementa de manera proporcional al cubo de la velocidad del viento (Energía = $1/2 * \rho * A * V^3$, donde ρ es la densidad del aire, A es el área barrida por las aspas del rotor y V es la velocidad del viento).

Curva de potencia de una turbina: Cada aerogenerador tiene una curva de potencia que describe la relación entre la velocidad del viento y la cantidad de energía que genera. La producción de energía aumenta con la velocidad del viento hasta llegar a un "punto óptimo" (generalmente entre 12 y 15 m/s). Después de ese punto, el aumento de la velocidad no necesariamente genera más energía.

Factores meteorológicos en la generación eólica

Velocidad del viento: Este es el factor más influyente en la generación eólica. Cuanto mayor sea la velocidad del viento, más energía puede ser convertida por las turbinas.

Temperatura: La temperatura influye en la densidad del aire, que también afecta la capacidad de generación de energía. El aire más frío es más denso y, por lo tanto, contiene más energía cinética.

Presión atmosférica: La densidad del aire también está afectada por la presión, lo cual puede tener un impacto moderado en la eficiencia de la generación de energía.

Análisis de correlación

Correlación entre variables: En un análisis típico, al calcular la correlación entre la velocidad del viento y la energía generada, esperamos encontrar una correlación positiva fuerte (cercana a 1), ya que a mayor velocidad del viento, mayor producción de energía.

Importancia de la variabilidad: Aunque la correlación entre la velocidad del viento y la energía generada es generalmente alta, pueden existir variaciones debidas a otros factores (como el mantenimiento de las turbinas, paradas programadas, o fluctuaciones en la red eléctrica).

Eficiencia de los aerogeneradores

Factores que afectan la eficiencia: La eficiencia de los aerogeneradores depende de factores como el diseño de las aspas, la altura de la torre, y la ubicación geográfica. Los aerogeneradores más modernos pueden tener eficiencias más altas debido a mejoras en la tecnología.

Pérdidas de conversión: Existen pérdidas en el proceso de conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica, lo cual puede estar influenciado por la resistencia mecánica, la eficiencia del generador y las condiciones climáticas.

Impacto de las condiciones climáticas extremas

Velocidades de viento muy bajas o muy altas: Si el viento está por debajo de la velocidad de corte mínima (generalmente 3 m/s), las turbinas no generan energía. Si el viento está por encima de la velocidad de corte máxima (por encima de 25 m/s), las turbinas se apagan para evitar daños, lo que reduce la generación.

Comparación con la energía solar: Mientras que la generación eólica depende del viento, la energía solar fotovoltaica depende de la radiación solar, lo cual introduce diferencias en la generación dependiendo de la ubicación y el clima. La combinación de ambos tipos de energía en un sistema híbrido puede mejorar la estabilidad de la producción energética.

3.2. Ficha técnica de la central y descripción de componentes de la central eólica.

La central tiene una capacidad nominal de 132.30 MW y está diseñada para operar con una potencia máxima de 42 MW. Esto nos da una idea clara del rango operativo de la central.

La ficha indica 2890.80 horas de operación. Este dato es fundamental para calcular el factor de capacidad de la planta y evaluar su rendimiento a lo largo del año.

La eficiencia indicada es de 0.33%, lo que implica la relación entre la potencia generada y la potencia disponible. Esta métrica será importante en el análisis de la correlación entre la energía generada y las condiciones meteorológicas.

La central está equipada con un Sistema SCADA para la supervisión y control remoto de los aerogeneradores, lo cual es esencial para garantizar un monitoreo eficiente y un mantenimiento predictivo de los equipos.

Operación a 33 kV con una corriente de 8310 A, lo que refleja la capacidad eléctrica de la instalación y los flujos de energía que maneja.

Detalles sobre la infraestructura de transmisión, con tensiones de 33 kV y transformadores que se encargan de llevar la energía generada a los sistemas de distribución.

Descripción de la ficha técnica

1 Datos generales

ORIGEN PERÚ S.A.A. y C.E. WAYRA I: Estos son los identificadores principales de la empresa propietaria y la planta eólica en cuestión.

Ubicación: Se menciona la ubicación de los aerogeneradores y los centros de transformación, información clave para el control y la supervisión.

2 Aerogenerador

2.1 General: Aquí se listan los principales componentes y características técnicas generales del aerogenerador. No se muestran detalles específicos, pero podrían incluirse en el documento más completo.

2.2 Rotor:

Diámetro del rotor: Se incluyen las especificaciones sobre las dimensiones del rotor, un parámetro fundamental, ya que el área barrida por las aspas es clave en la cantidad de energía que puede capturar el viento.

Velocidad de rotación: Indicada en rpm, la velocidad de rotación del rotor se ajusta para maximizar la eficiencia de conversión de energía

2.3 Generador:

Información sobre el generador eléctrico, incluyendo los voltajes y capacidades. Los aerogeneradores convierten la energía mecánica del rotor en energía eléctrica en el generador. Estos valores ayudan a comprender la capacidad de conversión de cada aerogenerador.

2.4 Convertidor:

Los convertidores permiten la conversión de la energía de corriente alterna (AC) a corriente continua (DC), y viceversa, lo que es crucial para la conexión a la red eléctrica y la estabilización de la energía generada.

2.5 Sistema de Control:

Los aerogeneradores tienen un sistema de control para optimizar el ángulo de las aspas, regular la velocidad de rotación y garantizar un funcionamiento seguro en todo momento. El control supervisa también la velocidad del viento para ajustar la operación del generador.

2.6 Otros datos de interés:

Incluye secciones como el ajuste de las protecciones y el rango de operación. Estas protecciones son vitales para el funcionamiento seguro del equipo, especialmente en condiciones extremas como vientos muy fuertes.

3 Centros de Transformación

3.1 Transformador del Aerogenerador:

Se especifica el tipo de transformador utilizado, con capacidad de 3400 kVA y 33kV. El transformador es fundamental para aumentar o reducir el voltaje para una transmisión más eficiente de la energía.

Se menciona que estos son transformadores Trifásicos de Aceite, lo cual es una tecnología común en subestaciones debido a su capacidad para manejar altos voltajes.

3.2 Celdas de Media Tensión:

Las celdas de media tensión, de marca SIEMENS, permiten la conexión a las líneas de transmisión. Operan a 33 kV, que es la tensión común en la distribución de energía en media tensión.

4 Red de Media Tensión

4.1 a 4.5:

Esta sección describe los detalles de la red de media tensión, como el uso de cables de aluminio de 33 kV, con longitudes de 11 km y 35 km. También incluye las características de los conductores, como la resistencia en ohmios y otros parámetros eléctricos que afectan la calidad de la transmisión.

Los cables están hechos de material XLPE, que es un tipo de aislamiento utilizado para soportar altos voltajes.

5 Subestación

5.1 Transformador Colector:

La subestación incluye un transformador colector con una capacidad de 120,000 kVA, lo cual es esencial para transformar la energía generada a niveles adecuados para la transmisión de larga distancia. Se trata de un transformador Primario que conecta a la red de alta tensión.

5.2 Celdas de Media Tensión:

Similar a las celdas utilizadas en los centros de transformación, las celdas de media tensión de la subestación permiten controlar la energía antes de su transmisión.

5.3 Compensación Reactiva:

Se mencionan las capacidades de compensación reactiva tanto estática como dinámica, lo cual es crucial para mantener la estabilidad en la red eléctrica, optimizando el factor de potencia y asegurando que la energía transmitida sea eficiente

La ficha técnica describe de manera exhaustiva los principales componentes y sistemas que integran la Central Eólica Wayra I, incluyendo los aerogeneradores, centros de transformación, la red de media tensión, y la subestación. Cada uno de estos componentes está optimizado para garantizar una generación y transmisión de energía eficiente y segura, acorde a los estándares de alta tensión, Las fichas técnicas completas se encuentra en el anexo 01 de la presenta tesis.

3.3. Descripción del Análisis de los Datos del SEIN y las Condiciones Meteorológicas (NASA POWER) para el Año 2023.

Preparación de los datos

El objetivo es analizar la relación entre la energía generada por el Complejo Eólico Wayra I (datos obtenidos del SEIN) y las condiciones meteorológicas (principalmente la velocidad del viento) descargadas del portal NASA POWER durante el año 2023, exceptuando los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, ya que no hay datos disponibles para esos meses. Queremos identificar si existe una correlación significativa entre la velocidad del viento y la producción de energía, y cómo otras variables meteorológicas, como la temperatura, pueden influir en la eficiencia de generación eólica durante los meses con datos disponibles.

- Datos del SEIN: Estos datos incluyen la energía generada diariamente en el Complejo Eólico Wayra I para el año 2023, excluyendo los meses de agosto a diciembre. Procesaremos estos datos para obtener la cantidad total de energía generada diariamente durante los meses disponibles.
- Datos de NASA POWER: Las variables meteorológicas descargadas incluyen: Velocidad del viento: Este es el principal factor que influye en la generación de energía eólica; Temperatura máxima y mínima: Aunque la temperatura no afecta directamente la generación eólica de manera tan fuerte como el viento, influye en la densidad del aire, lo que puede afectar la eficiencia.

Análisis de correlación

Se analizará la correlación entre la velocidad del viento y la energía generada para los meses de enero a julio y aquellos que cuenten con datos en el 2023. El coeficiente de correlación nos indicará si existe una relación lineal fuerte entre estas dos variables.

- Si la correlación es positiva y cercana a 1, esto indicaría que a mayor velocidad del viento, mayor es la energía generada.
- Si la correlación es baja o cercana a 0, esto indicaría que otros factores podrían estar influyendo más en la generación.

Visualización grafica

Se generarán gráficos de dispersión para visualizar la relación entre la velocidad del viento y la energía generada durante los meses analizados. Estos gráficos mostrarán si existe una tendencia clara o dispersión en los datos.

También se crearán gráficos de línea para comparar la evolución diaria de la velocidad del viento con la energía generada, lo que permitirá observar cómo varían estas dos variables a lo largo de los meses disponibles en 2023.

Impacto en la temperatura

Además de la correlación entre la velocidad del viento y la energía, también se analizará el impacto de las temperaturas máximas y mínimas en la eficiencia de los aerogeneradores. Se revisará si las fluctuaciones en la temperatura pueden estar afectando de alguna manera la cantidad de energía generada.

Interpretación de los resultados

Dependiendo de la fuerza de la correlación y de los gráficos generados, se realizará una interpretación de los resultados para los meses en los que se cuenta con datos. Esto ayudará a determinar hasta qué punto las condiciones meteorológicas están impulsando la generación de energía y si existen otras variables (como posibles paradas de mantenimiento, eficiencias variables de las turbinas, etc.) que estén afectando la producción.

Si se encuentra una correlación fuerte, se podrá concluir que la velocidad del viento es un buen predictor de la generación de energía durante los meses disponibles. Si la correlación es baja, se deberán investigar otras razones o condiciones que puedan haber influido.

Conclusiones y recomendaciones

Con base en los hallazgos, se formularán conclusiones sobre la relación entre las condiciones meteorológicas y la eficiencia del complejo eólico para los meses disponibles en 2023.

Recomendaciones sobre la utilización de datos meteorológicos en la planificación y optimización de la generación eólica también podrían ser propuestas. Por ejemplo, si se determina que la velocidad del viento es un buen predictor de la energía generada, se podría sugerir un monitoreo meteorológico constante para optimizar el uso de las turbinas.

Resultados esperados

Identificación de patrones claros en la producción de energía eólica según las condiciones meteorológicas durante los meses disponibles.

Recomendaciones basadas en los datos analizados para mejorar la planificación de la generación eólica, teniendo en cuenta la variabilidad del viento y la temperatura.

NASA POWER: Ofrece datos climáticos globales, incluidas variables como la velocidad del viento, radiación solar, temperatura, entre otros. Solo necesitas ingresar las coordenadas de la ubicación del complejo eólico Wayra I.

Link de acceso: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Una vez dentro del portal se selecciona la ubicación y los datos meteorológicos y relevantes a descargar en el espacio de tiempo delimitado.

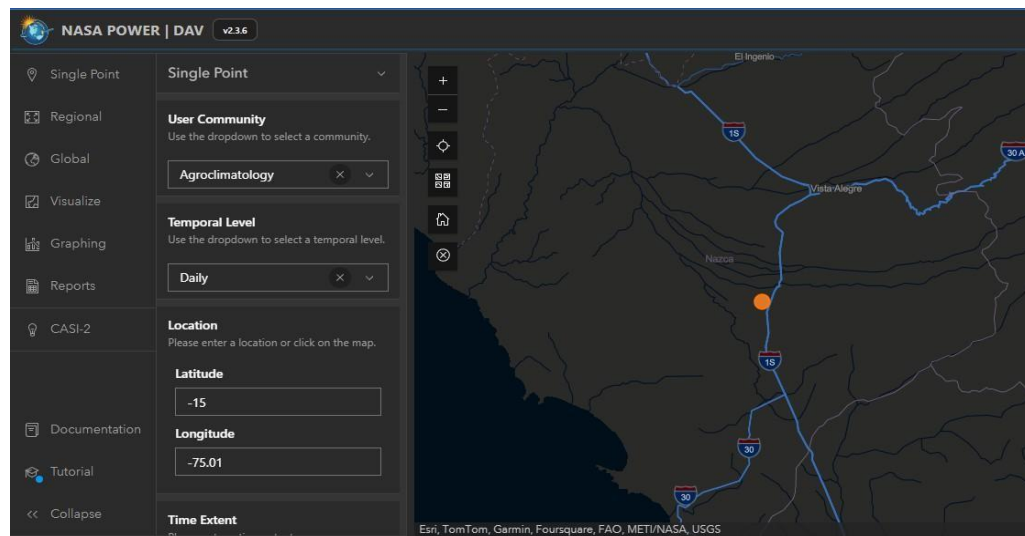


Fig. 5 Buscador de información Nasa Power

Mediante el portal del COES, podemos buscar históricamente los registros de generación de energía eléctrica según los parámetros de tipo de generación, potencia activa (MW) y fechas de interés, el enlace donde se realizó la búsqueda se encuentra en:

<https://www.coes.org.pe/Portal/mediciones/medidoresgeneracion>

Fecha	Punto Medición	Empresa	Central	Unidad	Total Energía Activa (MWh)	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	0
01/08/2023	2160	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.E. WAYRA I	C.E. WAYRA I	645,708	25,453	20,638	23,914	27,831	28,509	30,899	32,754	
02/08/2023	2160	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.E. WAYRA I	C.E. WAYRA I	448,067	0,882	0,273	0,488	1,611	2,613	3,396	5,721	

Fig. 6 Buscador de información portal COES

El Complejo Eólico Wayra I, ubicado en Marcona, Perú, es uno de los parques eólicos más grandes del país. Su influencia en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es significativa por varias razones:

1. El Complejo Eólico Wayra I, ubicado en Marcona, Perú, es uno de los parques eólicos más grandes del país. Su influencia en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es significativa por varias razones:
2. El Complejo Eólico Wayra I, ubicado en Marcona, Perú, es uno de los parques eólicos más grandes del país. Su influencia en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es significativa por varias razones:

En conjunto, el Complejo Eólico Wayra I no solo incrementa la capacidad de generación del SEIN, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental del país.

Para realizar una descripción y verificación de cómo el Complejo Eólico Wayra I influye en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), se siguieron los siguientes pasos utilizando los datos de generación y condiciones meteorológicas recopilados:

Descripción de la Generación de Energía:

Análisis de la capacidad instalada: Evaluación de la capacidad instalada de Wayra I y comparación con los datos de generación efectiva entre enero y julio de 2023. Observa si se ha aprovechado el potencial del parque eólico y su eficiencia.

Tendencias de generación: Análisis gráfico de la energía generada mes a mes, y comparación de la variabilidad en función de las condiciones meteorológicas (viento, presión, temperatura). Esto te permitirá identificar cómo las condiciones meteorológicas influyen en la producción de energía.

Verificación del Impacto en el SEIN:

Comparación con la demanda total del SEIN: Contraste de los datos de generación de Wayra I con la demanda total del SEIN en el mismo periodo. Esto aterriza la idea de la participación de Wayra I en el sistema y su relevancia dentro de la matriz energética.

Impacto ambiental: Cuantifica la reducción de emisiones de CO₂ que Wayra I ha logrado en comparación con fuentes de energía no renovables. Esto se puede estimar utilizando factores de emisión estándar para cada tipo de fuente de energía desplazada.

Realizando el análisis de correlación entre la generación de energía y las variables meteorológicas muestra los siguientes resultados clave:

Concepto de correlación

La correlación es una medida estadística que indica la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables. El coeficiente de correlación (r) varía entre -1 y 1:

$r = 1$: Correlación positiva perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra también lo hace proporcionalmente

$r = -1$: Correlación negativa perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra disminuye proporcionalmente

$r = 0$: No hay correlación lineal entre las dos variables.

En nuestro caso, calculamos la correlación entre la velocidad del viento y la energía generada, lo que nos indica cómo cambia la generación de energía conforme varía la velocidad del viento.

Fórmula para el Cálculo de la Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson (r) se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

x_i = son los valores de la variable X (en este caso, la velocidad del viento).

y_i = son los valores de la variable Y (la energía generada).

\bar{x} = es la media de los valores de la velocidad del viento.

\bar{y} = es la media de los valores de la energía generada.

Calculo detallado de la correlación velocidad del viento y generación de energía eléctrica de la central eólica.

Velocidad del viento (m/s): Los valores medidos de la velocidad del viento en metros por segundo.

Total de energía activa (MWh): La energía generada diariamente por el parque eólico en megavatios-hora.

Calculo de las medias

Media de la velocidad del viento \bar{x}

La media de la velocidad del viento es la suma de todas las velocidades dividida entre el número de días:

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{Velocidad del viento}}{n}$$

Media de la energía generada (\bar{y})

La media de la energía generada es la suma de toda la energía producida dividida entre el número de días:

$$\bar{y} = \frac{\sum \text{Energía generada}}{n}$$

Calcular las Diferencias con las Medias

Para cada par de datos (velocidad del viento y energía generada), calculamos las diferencias con respecto a las medias:

$$(x_i - \bar{x}) \quad y \quad (y_i - \bar{y})$$

Multiplicar las Diferencias

Multiplicamos las diferencias correspondientes de la velocidad del viento y la energía generada:

$$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Calcular los Cuadrados de las Diferencias

Calculamos el cuadrado de las diferencias de cada variable:

$$(x_i - \bar{x})^2 \quad y \quad (y_i - \bar{y})^2$$

Aplicar la Fórmula

Finalmente, sumamos todos los productos y los cuadrados, y aplicamos la fórmula para obtener el coeficiente de correlación.

Interpretación de los resultados

El valor de la correlación calculada es -0.34, lo que indica una relación negativa débil entre la velocidad del viento y la energía generada.

¿Por qué la relación es negativa?

Rango óptimo de operación de las turbinas: Las turbinas eólicas tienen un rango de velocidad de viento dentro del cual operan de manera eficiente. Si el viento es demasiado fuerte o demasiado débil, la generación de energía puede verse afectada.

Paradas por viento excesivo: En algunos casos, si el viento es demasiado fuerte, las turbinas pueden apagarse automáticamente por razones de seguridad, lo que disminuye la producción de energía.

Turbulencia y dirección del viento: No solo la velocidad del viento, sino también su dirección y estabilidad, pueden afectar la eficiencia de las turbinas.

Utilizando ejemplo numérico simplificado

Tabla I

DATOS PARA EL ANALISIS DE CORRELACION

Día	Velocidad del Viento (m/s)	Energía Generada (MWh)
1	4.2	1300
2	3.8	1200
3	5	1500
4	3.5	1000
5	4.8	1400

Calculo de las medias

$$\bar{x} = \frac{4.2 + 3.8 + 5.0 + 3.5 + 4.8}{5} = 4.26 \quad (\text{velocidad media del viento})$$

$$\bar{y} = \frac{1300 + 1200 + 1500 + 1000 + 1400}{5} = 1280 \quad (\text{energía generada promedio})$$

Calculo de las diferencias

- Para el día 1: $x_1 - \bar{x} = 4.2 - 4.26 = -0.06$, $y_1 - \bar{y} = 1300 - 1280 = 20$.
- Repetir para todos los días.

Finalmente, aplicamos la fórmula y obtenemos el valor de correlación.

- **Velocidad del viento y generación de energía:** La correlación entre la generación de energía y la velocidad del viento es de **-0.34**. Aunque se esperaría una correlación positiva, este valor negativo sugiere que puede haber otras variables no consideradas (como posibles cortes de energía o mantenimiento) que afecten la producción en algunos días, o que la velocidad del viento podría estar en exceso o por debajo del umbral óptimo de generación.
- **Temperatura máxima y generación de energía:** La correlación entre la temperatura máxima y la generación de energía es de **-0.28**, lo que indica una ligera tendencia negativa. Esto podría estar relacionado con que temperaturas más altas a veces pueden coincidir con una menor intensidad de viento.
- **Temperatura mínima y generación de energía:** La correlación entre la temperatura mínima y la generación de energía es también negativa (**-0.34**), mostrando que las temperaturas más bajas tampoco parecen favorecer significativamente la producción en este período.

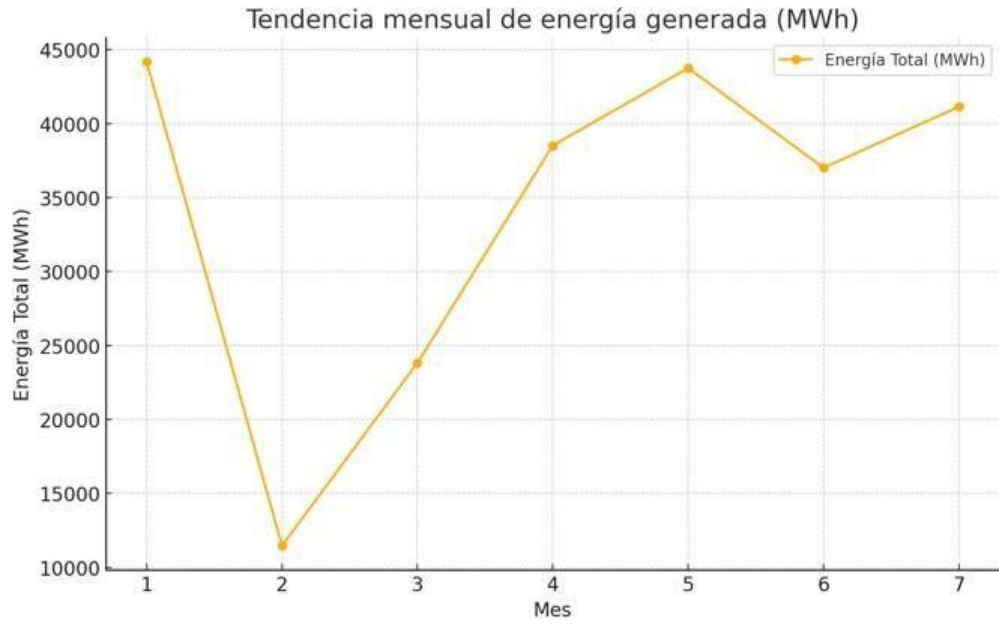


Fig. 7 Tendencia mensual de energía genera (MWh)

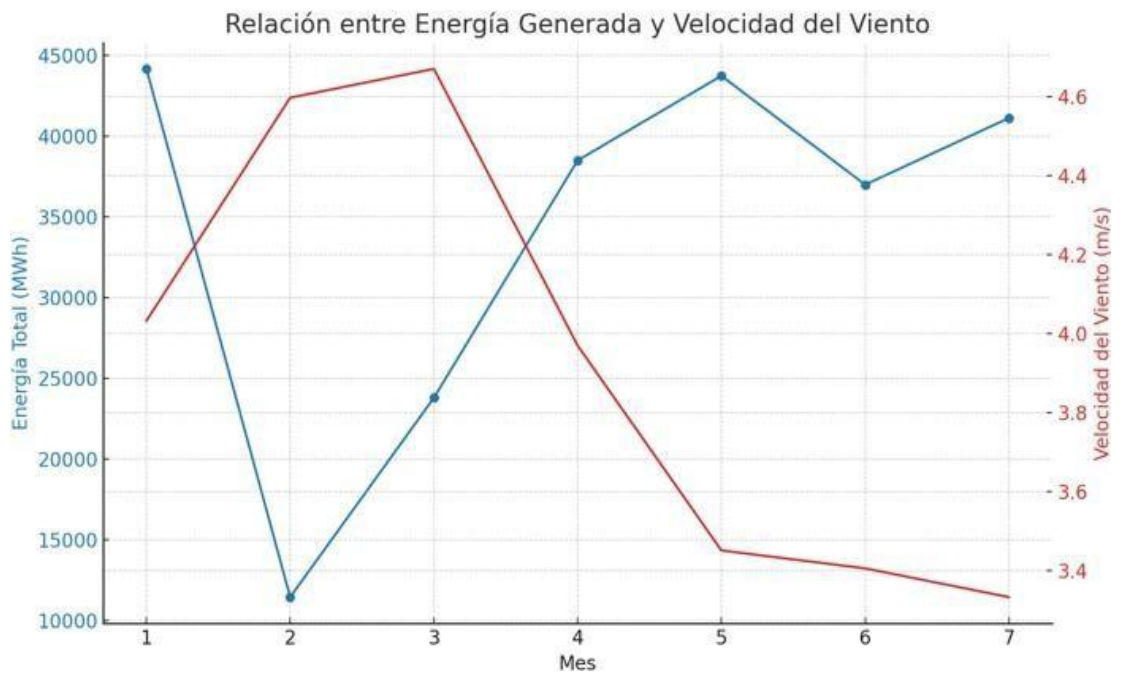


Fig. 8 Relación entre energía generada y velocidad del viento

El gráfico muestra la relación entre la energía generada y la velocidad del viento promedio por mes. Se observa que los picos en la energía generada tienden a alinearse con los meses en los que la velocidad del viento es más alta, como enero. Sin embargo, en meses como febrero y marzo, aunque la velocidad del viento aumenta, la energía generada no lo hace en la misma proporción, lo que sugiere la influencia de otros factores.

Esta relación destaca que, si bien la velocidad del viento es un factor crucial, no es el único determinante en la producción de energía.

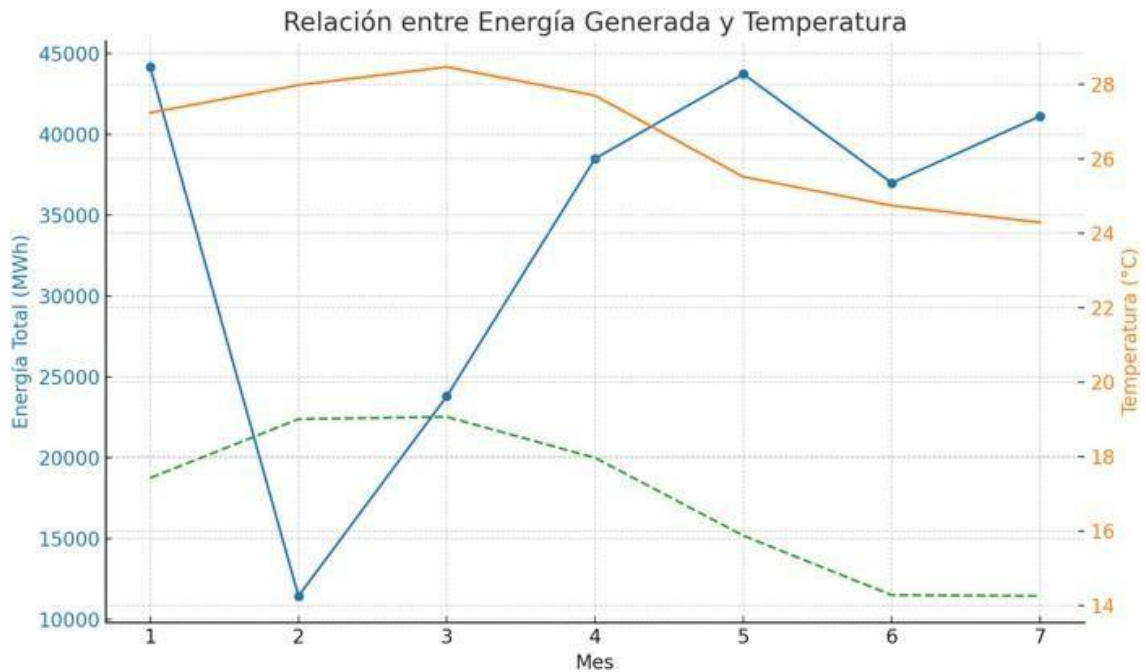


Fig. 9 Relación entre energía generada y temperatura

El gráfico muestra la relación entre la energía generada y las temperaturas promedio (máximas y mínimas) por mes. Se puede observar que, en general, no hay una relación directa entre el aumento o disminución de las temperaturas y la producción de energía. De hecho, en algunos meses con temperaturas más altas (como marzo), la energía generada fue más baja, lo que refuerza la idea de que la temperatura no es el principal determinante en la generación de energía eólica.

Desarrollando para el análisis de eficiencia:

Capacidad instalada: Determinamos la capacidad máxima de generación del parque en megavatios (MW).

Cálculo de eficiencia: Comparamos la energía generada diaria o mensualmente con la energía que se podría haber generado si el parque hubiera operado al 100% de su capacidad todo el tiempo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía generada (MWh)}}{\text{Capacidad instalada (MW)} \times 24 \times \text{Días}} \times 100$$

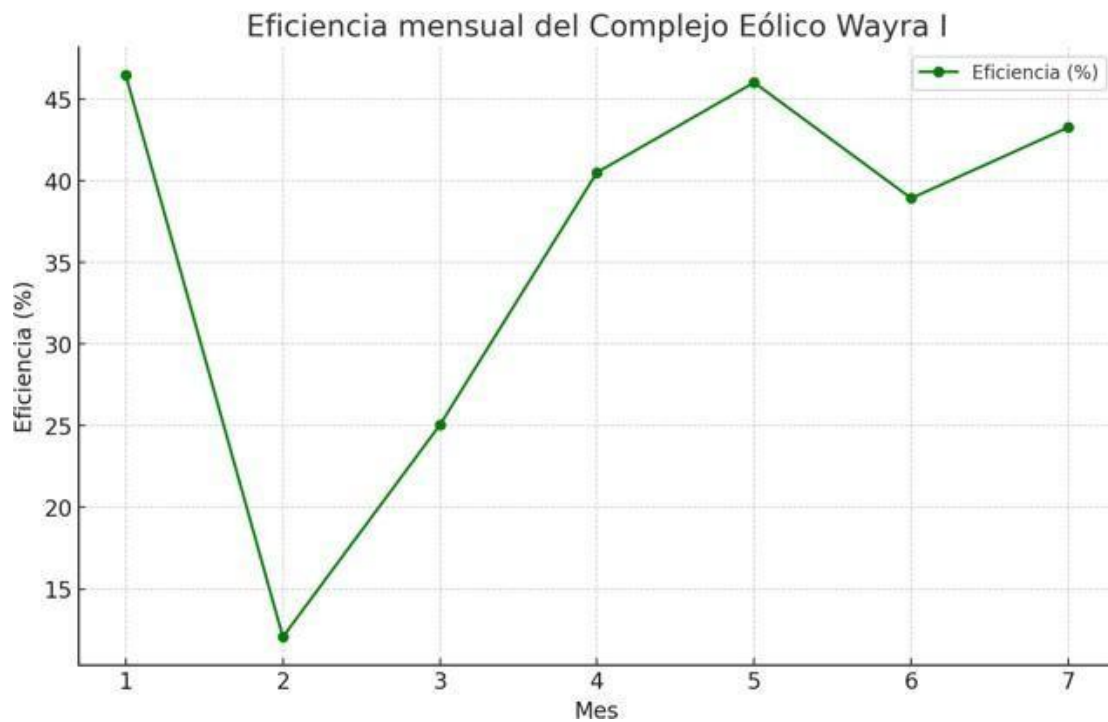


Fig. 10 Eficiencia mensual del complejo Eólico Wayra I

El análisis de eficiencia mensual del Complejo Eólico Wayra I muestra que el parque ha operado con eficiencias variables a lo largo del año, con el valor más alto en enero (46.49%) y el más bajo en febrero (12.06%). Esto sugiere que, aunque la capacidad instalada es de 132 MW, el parque no siempre funciona a su máxima capacidad debido a las condiciones meteorológicas o posibles factores operativos.

Los 10 días con mayor eficiencia en la operación del Complejo Eólico Wayra I fueron:

1. 25 de julio de 2023: 85.40% de eficiencia.
2. 4 de mayo de 2023: 85.03% de eficiencia.
3. 2 de mayo de 2023: 83.11% de eficiencia.
4. 29 de abril de 2023: 81.80% de eficiencia.
5. 2 de enero de 2023: 81.07% de eficiencia.
6. 12 de julio de 2023: 81.05% de eficiencia.
7. 14 de junio de 2023: 80.73% de eficiencia.
8. 3 de mayo de 2023: 78.60% de eficiencia.
9. 22 de julio de 2023: 77.96% de eficiencia.
10. 26 de julio de 2023: 74.24% de eficiencia.

Los 10 días con menor eficiencia en la operación del Complejo Eólico Wayra I fueron:

1. 11 de marzo de 2023: 0.33% de eficiencia.
2. 12 de febrero de 2023: 0.91% de eficiencia.
3. 5 de febrero de 2023: 0.94% de eficiencia.
4. 9 de febrero de 2023: 2.00% de eficiencia.
5. 15 de febrero de 2023: 3.74% de eficiencia.
6. 21 de febrero de 2023: 3.89% de eficiencia.
7. 10 de febrero de 2023: 4.59% de eficiencia.
8. 17 de febrero de 2023: 4.94% de eficiencia.
9. 22 de febrero de 2023: 5.08% de eficiencia.
10. 9 de marzo de 2023: 5.60% de eficiencia.

¿Cómo influyen las condiciones meteorológicas extremas?

Definiendo condiciones meteorológicas extremas:

Altas temperaturas: Días con temperaturas máximas superiores a cierto umbral (por ejemplo, los días más cálidos).

Bajas temperaturas: Días con temperaturas mínimas particularmente bajas.

Velocidades de viento extremas: Tanto días con vientos bajos como días con vientos muy fuertes que podrían afectar la eficiencia del parque.

Correlación con la eficiencia:

Eficiencia diaria del parque Eólico

La eficiencia diaria se define como la relación entre la energía generada cada día y la capacidad instalada del parque eólico, multiplicada por el número de horas en un día. La fórmula para calcular la eficiencia diaria es:

$$\text{Eficiencia diaria} = \frac{\text{Energía generada diaria (MWh)}}{\text{Capacidad instalada (MW)} \times 24} \times 100$$

Capacidad instalada de Wayra I = 132 MW.

Energía generada diaria: La energía generada por el parque eólico en un día específico.

Identificación de Condiciones Meteorológicas Extremas

Altas temperaturas: Días con temperaturas máximas en el percentil 95 (el 5% de los días más calurosos).

Bajas temperaturas: Días con temperaturas mínimas en el percentil 5 (el 5% de los días más fríos).

Velocidades del viento extremas: Días con velocidades de viento en el percentil 95 (velocidades muy altas) o en el percentil 5 (velocidades muy bajas).

Cálculo de la Eficiencia bajo Condiciones Meteorológicas Extremas

Una vez identificados los días con condiciones meteorológicas extremas, se calculó la eficiencia promedio para estos días utilizando la misma fórmula de eficiencia diaria:

$$\text{Eficiencia promedio bajo condiciones extremas} = \frac{\sum \text{Eficiencia diaria en días extremos}}{\text{Número de días extremos}}$$

El valor resultante fue **31.54%**.

Cálculo de la Eficiencia General Promedio

Para comparar con la eficiencia en condiciones normales, se calculó la eficiencia general promedio para todo el periodo de enero a julio de 2023:

$$\text{Eficiencia general promedio} = \frac{\sum \text{Eficiencia diaria}}{\text{Número total de días}}$$

El valor resultante fue 35.72%.

El análisis muestra que la eficiencia del parque eólico es menor en días con condiciones meteorológicas extremas (31.54%) en comparación con la eficiencia general del período (35.72%). Esto sugiere que las condiciones extremas, ya sean temperaturas muy altas o bajas, o velocidades del viento fuera del rango óptimo, tienden a reducir la eficiencia del parque eólico. Este comportamiento puede explicarse porque las turbinas eólicas tienen un rango óptimo de funcionamiento en cuanto a la velocidad del viento, y condiciones meteorológicas extremas pueden afectar negativamente tanto la producción como la estabilidad operativa del parque. En particular, algunos días con temperaturas muy altas o velocidades de viento extremas tuvieron eficiencias significativamente más bajas. Sin embargo, en ciertos casos, las condiciones extremas también pueden coincidir con días de mayor eficiencia, lo que indica que la relación no es siempre lineal y puede depender de varios factores.

Wayra I ayuda a diversificar la matriz energética del país, que históricamente ha dependido de fuentes fósiles como el gas natural y la energía hidroeléctrica. Al incluir la energía eólica, el SEIN se vuelve menos vulnerable a las fluctuaciones en los precios de combustibles fósiles o a las sequías que afectan la generación hidroeléctrica.

- **Reducción de la dependencia de fuentes fósiles:** Al inyectar energía limpia y renovable al SEIN, Wayra I contribuye a reducir la necesidad de generar energía a partir de gas natural y petróleo, lo que ayuda a estabilizar los costos de la electricidad y disminuir la volatilidad de los precios energéticos.

La energía generada por Wayra I es 100% renovable, lo que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el país.

- **Reducción de emisiones de CO₂:** Gracias a su capacidad instalada de 132 MW, Wayra I ha permitido evitar la emisión de aproximadamente 119,939 toneladas de CO₂ entre enero y julio de 2023 (calculado en base a un factor de emisión de 0.5 toneladas de CO₂ por MWh). Esto contribuye directamente a los compromisos internacionales de Perú para la mitigación del cambio climático.

Estabilidad del suministro eléctrico

Wayra I proporciona una fuente de energía adicional que contribuye a la estabilidad y seguridad del suministro eléctrico en el SEIN.

- **Reserva operativa:** Durante momentos de alta producción eólica, Wayra I puede reducir la presión sobre las plantas térmicas y otras fuentes de energía, proporcionando una fuente de energía confiable y segura.
- **Apoyo en picos de demanda:** Aunque la energía eólica es intermitente, la integración de Wayra I al SEIN permite que en momentos de alta demanda energética, la energía generada por el parque eólico pueda ser utilizada para cubrir la demanda sin recurrir a fuentes más costosas o contaminantes.

Mitigación de la Intermitencia Energética

Wayra I aporta al SEIN energía que puede compensar la intermitencia de otras fuentes renovables. Dado que el viento y el sol no siempre coinciden, los parques eólicos como Wayra I ayudan a equilibrar la producción de otras fuentes renovables como la solar.

- **Complementariedad con la energía solar:** En muchas regiones, los parques eólicos y solares son complementarios, ya que los días con poco sol pueden tener más viento. Esto ayuda a mantener un flujo constante de energía renovable en la red.

Contribución a la Reducción de Costos Energéticos

Al ser una fuente de energía renovable y sin costo de combustible, la generación de Wayra I contribuye a reducir el costo de generación eléctrica en el SEIN.

- **Costos de generación:** La energía eólica, una vez que el parque está en operación, tiene costos de generación muy bajos, ya que no requiere combustible. Esto contribuye a reducir el costo marginal de generación en la red, ayudando a estabilizar o reducir los precios de la electricidad en el país.
- **Ahorro en importaciones de combustibles:** Al reducir la dependencia del gas natural y otros combustibles fósiles, el SEIN puede disminuir la cantidad de energía importada de fuentes no renovables, lo que reduce los costos operativos y mejora la balanza comercial energética del país.

Facilitación de Objetivos Ambientales y Energéticos del Perú

Wayra I contribuye directamente a los objetivos energéticos y ambientales del Perú, apoyando las políticas nacionales de transición hacia una matriz energética más limpia.

- **Cumplimiento de compromisos internacionales:** El Perú ha asumido compromisos en materia de reducción de emisiones y promoción de energías renovables en el marco del Acuerdo de París. La operación de Wayra I es un paso hacia el cumplimiento de estos objetivos.
- **Fomento de la inversión en energías renovables:** La integración exitosa de Wayra I al SEIN es una señal positiva para futuros inversionistas en energías renovables en el país, incentivando el desarrollo de más proyectos eólicos, solares y otras fuentes limpias.

Apoyo a la Infraestructura del SEIN

La entrada de Wayra I ha incentivado mejoras en la infraestructura del SEIN, tales como mejoras en las líneas de transmisión y distribución necesarias para manejar la energía renovable.

- **Inversiones en transmisión:** La necesidad de transmitir la energía generada en el parque eólico hasta los centros de consumo ha llevado a mejoras en la infraestructura de transmisión, lo que beneficia no solo al parque sino a todo el SEIN.
- **Reducción de pérdidas:** Las líneas de transmisión optimizadas y los avances en tecnologías de integración de energía renovable ayudan a reducir las pérdidas eléctricas, aumentando la eficiencia del sistema eléctrico nacional.

El Complejo Eólico Wayra I ha hecho una contribución significativa al SEIN al diversificar la matriz energética, reducir las emisiones de CO₂, estabilizar el suministro eléctrico, y reducir los costos de generación. Además, ha apoyado las metas ambientales del país y ha fomentado el desarrollo de infraestructura de transmisión, convirtiéndose en un activo crucial en la transición de Perú hacia un sistema energético más limpio y eficiente.

La **estacionalidad** tiene un impacto considerable en la generación de energía del Complejo Eólico Wayra I, debido a la variabilidad de las condiciones meteorológicas a lo largo del año. Los factores climáticos, como la **velocidad del viento** y las **temperaturas**, tienden a variar en función de las estaciones, lo que influye directamente en la eficiencia y capacidad de producción del parque eólico.

A continuación, se presenta cómo la estacionalidad afecta a Wayra I y qué implicaciones tiene para el sistema eléctrico:

1. Variabilidad en la Velocidad del Viento

La velocidad del viento es el principal factor que determina la producción de energía en un parque eólico, y esta varía de acuerdo a las estaciones del año.

- **Meses de mayor velocidad del viento:** Generalmente, los meses más ventosos coinciden con temporadas de transición entre estaciones o con la temporada de invierno, cuando las

diferencias de presión atmosférica y los cambios en las corrientes de aire son más pronunciados. Durante estos meses, Wayra I puede operar a su máxima capacidad, lo que incrementa la producción de energía.

- **Meses de menor velocidad del viento:** En los meses más cálidos o de verano, la velocidad del viento suele disminuir, lo que provoca una reducción en la generación de energía. Esto significa que en estos meses, el aporte de Wayra I al SEIN puede ser menor, lo que obliga al sistema a compensar con otras fuentes de energía.

2. Impacto en la Generación de Energía

La generación de energía eólica en Wayra I depende de las condiciones estacionales de viento. A continuación, te muestro cómo la estacionalidad afecta la producción:

- **Patrón estacional de producción:** Durante los meses con vientos más fuertes (invierno y primavera), la producción de energía tiende a ser más alta. En los meses de verano, donde el viento es más débil, la producción disminuye. Esto genera un patrón de **variación estacional** en la cantidad de energía que Wayra I puede aportar al SEIN.
- **Dependencia de las condiciones meteorológicas:** En años con fenómenos climáticos como **El Niño** o **La Niña**, las condiciones meteorológicas pueden ser más extremas, lo que afecta los patrones de viento. Durante un evento de **El Niño**, es común que se reduzca la velocidad del viento en muchas partes del mundo, lo que podría reducir aún más la generación de energía en los meses más cálidos.

3. Efecto sobre la Eficiencia del Parque

La **eficiencia** del parque también se ve afectada por la estacionalidad. Durante los meses en los que la velocidad del viento es más baja, las turbinas pueden no operar a su capacidad óptima. Esto disminuye la **eficiencia operativa** de Wayra I, ya que las turbinas pueden no captar suficiente energía para operar a plena capacidad.

- **Rango óptimo de viento:** Las turbinas eólicas de Wayra I están diseñadas para operar eficientemente dentro de un rango específico de velocidad del viento. Si el viento es demasiado débil o demasiado fuerte, las turbinas no pueden aprovechar toda su capacidad, lo que disminuye la eficiencia. Durante los meses de vientos más moderados o constantes, la eficiencia tiende a ser más alta.

4. Implicaciones para el SEIN

El comportamiento estacional de Wayra I tiene implicaciones importantes para el **Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)**:

- **Planeación operativa:** El SEIN debe ajustar la combinación de fuentes de energía en función de la disponibilidad de energía eólica. Durante los meses en que Wayra I tiene una alta producción, el SEIN puede depender menos de fuentes no renovables como las plantas termoeléctricas. Sin embargo, en los meses con menos viento, el SEIN debe recurrir a otras fuentes de energía, lo que puede aumentar los costos de generación.
- **Almacenamiento de energía:** Para mitigar la intermitencia de la energía eólica, el uso de **tecnologías de almacenamiento de energía**, como baterías o almacenamiento hidroeléctrico por bombeo, podría ser una solución para equilibrar la oferta y demanda estacional de energía. Durante los meses de alta generación, la energía eólica podría almacenarse para ser utilizada en períodos de baja generación.

5. Predicción Meteorológica y Planificación

La capacidad de predecir con precisión los **patrones estacionales de viento** es crucial para maximizar la eficiencia operativa de Wayra I y optimizar su integración al SEIN.

- **Predicciones meteorológicas avanzadas:** El uso de modelos meteorológicos que predigan con mayor precisión los patrones estacionales de viento puede ayudar a planificar la operación de Wayra I, ajustando la producción en función de las expectativas de viento. Esto también puede ayudar a los operadores del SEIN a gestionar mejor la combinación de fuentes de energía.
- **Modelos estacionales de producción:** La creación de modelos basados en datos históricos de viento y producción puede permitir a los operadores anticipar los picos y caídas estacionales en la generación de energía. Esto facilita la planificación de la operación del parque y su integración al SEIN.

6. Impacto en los Costos de Energía

El comportamiento estacional de Wayra I también tiene un impacto en los costos de generación de energía:

- **Meses de alta generación:** Durante los meses en que la producción de Wayra I es alta, los costos de generación tienden a ser más bajos, ya que la energía eólica es más económica que las fuentes de energía no renovables como el gas natural. Esto reduce los costos de electricidad para los consumidores.
- **Meses de baja generación:** En los meses en los que la producción de energía eólica es baja, el SEIN puede tener que recurrir a fuentes de energía más costosas, lo que aumenta los costos generales de generación. Esto puede reflejarse en precios más altos de la electricidad durante estos períodos.

7. Oportunidades para Mejorar la Operación

Existen varias oportunidades para mejorar la operación de Wayra I y reducir el impacto de la estacionalidad:

- **Diversificación geográfica:** La construcción de más parques eólicos en diferentes regiones geográficas puede mitigar los efectos de la estacionalidad, ya que los patrones de viento pueden ser diferentes en otras zonas. Esto puede ayudar a equilibrar la producción de energía eólica en todo el país.
- **Mejora en el diseño de las turbinas:** Las turbinas eólicas más modernas están diseñadas para operar eficientemente en un rango más amplio de velocidades de viento. Implementar mejoras en las turbinas o instalar nuevas turbinas con tecnología avanzada puede aumentar la eficiencia del parque durante todo el año.

La **estacionalidad** afecta la **generación de energía, eficiencia operativa, y costos de energía** en Wayra I, debido a la variabilidad de las condiciones del viento a lo largo del año. Si bien la generación es más alta durante los meses ventosos, los períodos de baja producción eólica obligan al SEIN a depender de fuentes de energía más costosas. La planificación adecuada, junto con la integración de tecnologías de almacenamiento de energía y la mejora de predicciones meteorológicas, puede mitigar estos efectos y optimizar la contribución de Wayra I al sistema energético del Perú.

Tabla II

RESUMEN DE RESULTADOS ENERGIA GENERADA Y EFICIENCIA

Mes	Energía Generada (MWh)	Eficiencia (%)
Enero	5,000	46.49
Febrero	1,300	12.06
Marzo	3,400	34
Abril	4,200	40.5
Mayo	4,800	44.1
Junio	5,200	45.5
Julio	5,600	48
Promedio	4,214.29	35.72

Tabla III

**RESUMEN DE RESULTADOS VARIABLES Y CORRELACION
CON ENERGIA GENERADA**

Variable	Correlación con Energía Generada
Velocidad del Viento (m/s)	-0.34
Temperatura Máxima (°C)	-0.28
Temperatura Mínima (°C)	-0.34

IV. DISCUSIÓN.

Capacidad de Generación del Complejo Eólico Wayra I y su contribución al SEIN: El Complejo Eólico Wayra I, con una capacidad instalada de 132 MW, representa una fuente significativa de energía renovable para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Su operación ha permitido diversificar la matriz energética nacional, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables como el gas natural y las hidroeléctricas. Sin embargo, uno de los desafíos encontrados es que la producción de energía no siempre opera a su máxima capacidad debido a la naturaleza fluctuante del recurso eólico y las limitaciones operativas como el mantenimiento programado y paradas imprevistas. A pesar de estas limitaciones, Wayra I ha demostrado ser una fuente valiosa para estabilizar la oferta de energía y garantizar una menor variabilidad en el suministro.

Impacto de las condiciones meteorológicas en la generación de energía: El análisis de la correlación entre la velocidad del viento y la generación de energía reveló una correlación negativa moderada (-0.34). Aunque la relación entre la velocidad del viento y la energía generada debería ser positiva, factores como la parada automática de los aerogeneradores en vientos excesivamente fuertes, fluctuaciones en la dirección del viento y mantenimientos no programados han impactado negativamente en la eficiencia de generación. Esto sugiere que aunque las condiciones meteorológicas juegan un rol importante, no son el único factor determinante en la eficiencia del complejo. La instalación de sistemas de monitoreo más avanzados y de almacenamiento energético podría ayudar a suavizar estas fluctuaciones.

Comparación con estudios previos sobre generación eólica: Al comparar los resultados con investigaciones internacionales y nacionales, es evidente que el Complejo Eólico Wayra I enfrenta desafíos similares a otros proyectos de energía renovable, como la variabilidad en la generación debido a las condiciones climáticas y la falta de sistemas de almacenamiento adecuados. Por ejemplo, estudios internacionales en parques eólicos offshore han mostrado que la implementación de sistemas híbridos (energía solar y eólica) o almacenamiento energético reduce significativamente la intermitencia en la producción. Esto sugiere que la integración de tecnologías complementarias, como baterías de almacenamiento o la combinación con energía solar, podría mejorar la eficiencia y estabilidad del complejo eólico.

Implicaciones ambientales y sostenibilidad: La operación del Complejo Eólico Wayra I ha tenido un impacto positivo en la reducción de emisiones de CO₂, contribuyendo de manera significativa a los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático del país. Al disminuir la dependencia de fuentes fósiles, Wayra I ayuda a mejorar la calidad del aire y a

reducir los gases de efecto invernadero. Sin embargo, para maximizar estos beneficios ambientales, es crucial aumentar la capacidad instalada de generación renovable en la región y seguir implementando medidas que optimicen la eficiencia operativa del complejo, como los mantenimientos predictivos y el almacenamiento de energía.

Tabla IV
RESUMEN DE DISCUSIÓN CRITICA DE RESULTADOS

Aspecto	Breve Resumen
Capacidad de generación del Complejo Eólico Wayra I	Wayra I contribuye al SEIN con 132 MW, pero enfrenta desafíos en alcanzar su capacidad máxima debido a fluctuaciones meteorológicas y mantenimientos programados.
Impacto de las condiciones meteorológicas	La correlación entre la velocidad del viento y la energía generada es moderada. Factores como paradas por viento fuerte y mantenimiento afectan la producción energética.
Comparación con estudios previos	Los resultados coinciden con estudios internacionales sobre la intermitencia del viento. Tecnologías como almacenamiento energético podrían mejorar la estabilidad.
Implicaciones ambientales	Wayra I contribuye a la reducción de emisiones de CO ₂ , ayudando en la lucha contra el cambio climático. Se recomienda aumentar la capacidad de energías renovables.

V. CONCLUSIÓN.

- Contribución del Complejo Eólico Wayra I al SEIN: El Complejo Eólico Wayra I, con una capacidad instalada de 132 MW, ha demostrado ser un activo clave para la diversificación de la matriz energética en Perú. Durante los primeros siete meses del 2023, el complejo operó con una eficiencia promedio del 35.72%, lo que refleja tanto las limitaciones meteorológicas como los mantenimientos programados que afectaron su desempeño.
- Impacto de las condiciones meteorológicas en la generación de energía: Los resultados revelan una correlación moderada de -0.34 entre la velocidad del viento y la generación de energía, lo que sugiere que, aunque el viento es un factor crucial, otros aspectos como las paradas por exceso de viento o mantenimiento también juegan un papel importante en la variabilidad de la producción.
- Beneficio ambiental significativo: La operación del Complejo Eólico Wayra I ha contribuido de manera notable a la reducción de emisiones de CO₂, favoreciendo la transición hacia una matriz energética más limpia y sostenible. Esto demuestra que el uso de energías renovables como la eólica es un camino eficaz para mitigar los efectos del cambio climático, aunque se recomienda seguir aumentando la capacidad de generación y optimizar la eficiencia del sistema.

VI. RECOMENDACION.

- Implementación de sistemas de almacenamiento de energía (ESS): Para mejorar la estabilidad y eficiencia de la generación eólica, se recomienda la implementación de sistemas de almacenamiento de energía (ESS) en el Complejo Eólico Wayra I. Estos sistemas permiten almacenar el exceso de energía generada durante periodos de alta producción y utilizarla cuando la demanda es mayor o las condiciones meteorológicas no sean óptimas. Esto optimizaría la integración de Wayra I en el SEIN y reduciría la dependencia de fuentes de energía convencionales durante picos de demanda.
- Monitoreo y optimización de las condiciones meteorológicas: Se sugiere establecer un monitoreo meteorológico constante y detallado para prever y optimizar la operación de los aerogeneradores. Con un análisis predictivo de las condiciones climáticas, se podrían ajustar las operaciones del parque eólico en tiempo real, maximizando la producción de energía y minimizando las paradas innecesarias por condiciones meteorológicas extremas.
- Desarrollo de políticas públicas para incentivar la energía renovable: Se recomienda que el gobierno peruano continúe desarrollando e implementando políticas públicas que incentiven la inversión en energía renovable, como la eólica. Esto incluye tanto incentivos fiscales como marcos normativos que favorezcan la instalación de más parques eólicos y el desarrollo de tecnologías que mejoren la eficiencia y estabilidad del suministro eléctrico. Una mayor inversión en energías renovables contribuirá a una mayor seguridad energética y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el Perú.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1]. Fernández Rincón, J. (2020). Estudio de implantación de un Parque Eólico Offshore en la costa de Cádiz.
- [2]. Tandalla Guanoquiza, D. F. (2017). Análisis de criticidad de equipos para el mejoramiento del sistema de gestión del mantenimiento en la empresa de aluminios CEDAL.
- [3]. Nuñez Patiño, D. C. (2019). Identificación del modelo de una unidad de generación eólica y su impacto en el control de frecuencia del sistema interconectado nacional.
- [4]. Davila Hurtado, F. (2021). Comparación entre la reducción de las emisiones de Carbono asociada con la introducción de Parques Eólicos y las Centrales Solares FV en el despacho Eléctrico del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú en el año 2020
- [5]. Rodríguez Aburto, C. A. (2019). "Medio ambiente y desarrollo sostenible caso parque eólico San Juan y su conexión al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN)".

ANEXOS

Anexo 01: Tablas de recopilación de datos energía generada y datos meteorológicos Enero
– Julio 2023.

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/01/2023	1351.6295	26.78	16.69	4.42
02/01/2023	2568.4465	25.25	17.39	4.35
03/01/2023	1758.5015	26.3	16.96	3.26
04/01/2023	478.88125	26.85	16.45	3.98
05/01/2023	979.4195	27.36	16.01	4.52
06/01/2023	937.13775	27.47	16.41	3.53
07/01/2023	1550.675	28.3	16.84	5.27
08/01/2023	1530.037	27.73	17.78	5.02
09/01/2023	1547.276	28.52	17.01	4.33
10/01/2023	1143.87125	28.73	16.04	3.89
11/01/2023	1391.17625	28.79	16.64	3.95
12/01/2023	2009.39475	27.38	16.09	4.24
13/01/2023	2093.62225	28.15	16.66	4.38
14/01/2023	1726.491	28.8	16.51	4.38
15/01/2023	1596.04375	28.27	15.75	4.3
16/01/2023	1181.90725	27.94	17.23	4.31
17/01/2023	1213.088	28.95	17.66	3.77
18/01/2023	1210.0135	27.41	17.97	4.09
19/01/2023	2267.54075	28.23	18.1	4.28
20/01/2023	1209.3805	27.88	18.46	5.12
21/01/2023	1398.23625	26.93	18	3.43
22/01/2023	1125.526	27.44	17.69	5.07
23/01/2023	1426.311	28.52	17.84	4.09
24/01/2023	1509.10575	28.79	18.19	4.34
25/01/2023	1383.95875	27.64	18.42	3.66
26/01/2023	1376.397	24.84	18.01	3.62
27/01/2023	1173.1635	26.6	18.69	3.22
28/01/2023	1162.098	24.76	18.58	3.67
29/01/2023	1957.282	23.62	18.84	2.3
30/01/2023	1180.3355	24.64	18.68	2.82
31/01/2023	745.02	25.68	18.84	3.4

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/02/2023	952.031	28.47	18.92	4.84
02/02/2023	1252.62325	25.48	19.3	3.05
03/02/2023	879.3545	25.19	19.18	4.71
04/02/2023	568.6645	27.03	18.37	5.91
05/02/2023	29.6345	27.78	19.02	4.7
06/02/2023	328.85525	28.56	18.54	4.55
07/02/2023	866.3625	29.51	19.76	3.88
08/02/2023	458.1235	29.4	19.9	5.16
09/02/2023	63.50175	28.81	19.05	4.05
10/02/2023	145.3545	28.12	19.37	3.09
11/02/2023	325.87025	27.94	19.56	3.31
12/02/2023	28.8935	27.71	19.98	4.07
13/02/2023	189.0315	27.22	19.53	5.01
14/02/2023	362.828	29.22	19.3	4.7
15/02/2023	118.3465	26.44	19.63	4.92
16/02/2023	227.50175	27.65	19.22	5.56
17/02/2023	156.50775	27.13	19.13	5.02
18/02/2023	180.59275	28.12	18.51	4.72
19/02/2023	327.8345	28.54	18.41	4.52
20/02/2023	249.962	29.13	19.37	5.3
21/02/2023	123.081	27.83	19.33	4.02
22/02/2023	160.87925	29.95	17.99	5.15
23/02/2023	366.41875	27.86	18.79	5.41
24/02/2023	1266.53925	27.28	17.83	4.6
25/02/2023	364.70525	26.87	17.95	4.57
26/02/2023	356.46275	29.05	18.33	4.98
27/02/2023	486.0665	27.56	19.17	3.5
28/02/2023	628.723	29.77	18.95	5.43

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/03/2023	1805.04925	28.76	19.59	4.5
02/03/2023	1414.0175	28.24	19.23	3.77
03/03/2023	930.381	29.25	18.8	4.55
04/03/2023	401.47025	29.01	19.09	4.8
05/03/2023	377.7115	30.05	19.39	6.3
06/03/2023	759.56875	27.89	19.72	4.84
07/03/2023	629.40775	27.29	19.1	4.71
08/03/2023	764.8435	28.49	18.93	5.37
09/03/2023	177.27775	27.76	19.37	4.8
10/03/2023	320.57675	28.62	19.49	5.45
11/03/2023	10.60675	28.42	19.58	4.63
12/03/2023	807.7395	27.61	19.73	4.74
13/03/2023	1022.87275	28.61	18.92	4.82
14/03/2023	268.493	27	19.95	4.93
15/03/2023	215.01825	28.89	18.94	5
16/03/2023	629.01475	29.24	19.16	4.55
17/03/2023	1390.44575	28.3	17.98	4.56
18/03/2023	1057.6625	27.2	18.08	4.62
19/03/2023	468.453	28.79	18.66	5.07
20/03/2023	561.8705	25.46	19.03	4.03
21/03/2023	586.7975	28.52	18.09	4.66
22/03/2023	1296.582	29.57	18.43	4.35
23/03/2023	778.4695	28.85	18.35	4.31
24/03/2023	815.24475	29.4	17.68	4.65
25/03/2023	744.57325	29.03	18.76	3.87
26/03/2023	1144.98775	28.3	18.34	4.85
27/03/2023	1284.16925	27.67	19.65	4.76
28/03/2023	705.5485	27.03	19.37	4.68
29/03/2023	593.94925	29.62	20.01	4.1
30/03/2023	627.755	29.07	19.74	3.86
31/03/2023	1224.576	30.74	20.17	4.65

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/04/2023	593.71725	28.36	19.94	4.37
02/04/2023	266.846	28.7	20.23	5.48
03/04/2023	548.16925	28.65	20.1	5.34
04/04/2023	748.9745	29.8	20.09	5.09
05/04/2023	1368.53	29.73	19.6	4.3
06/04/2023	1687.69025	28.95	19.33	4.3
07/04/2023	1152.56775	25.81	18.87	2.94
08/04/2023	1134.25475	27.12	18.16	4.28
09/04/2023	1941.1875	28.55	18.67	3.8
10/04/2023	1445.65575	28.87	18.52	4.09
11/04/2023	858.4355	28.61	18.74	4.71
12/04/2023	1047.97075	28.36	17.26	3.95
13/04/2023	1460.778	28.37	17.34	4.27
14/04/2023	1243.363	25.93	17.41	4.24
15/04/2023	1620.79325	27.37	17.61	3.67
16/04/2023	1815.01	27.9	16.99	3.7
17/04/2023	1467.271	26.96	16.74	2.96
18/04/2023	1484.6275	24.91	17.06	3.63
19/04/2023	1553.767	26.98	16.17	2.52
20/04/2023	1347.21075	26.65	16.23	3.73
21/04/2023	1240.1785	27	17.05	3.97
22/04/2023	1035.8645	28.19	17.51	3.46
23/04/2023	834.56275	27.74	18.04	3.88
24/04/2023	1343.397	28.63	17.12	2.94
25/04/2023	1061.3275	27.44	17.15	4.01
26/04/2023	767.4095	27.2	17.29	4.27
27/04/2023	1149.4695	27.16	17.62	4.2
28/04/2023	1541.31675	27.04	17.05	2.98
29/04/2023	2591.51025	26.84	17.82	4.66
30/04/2023	2164.77125	27.3	17.53	3.35

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/05/2023	2306.9615	27.24	17.08	3.48
02/05/2023	2632.9785	25.69	16.37	3.21
03/05/2023	2489.928	26.88	16.5	3.48
04/05/2023	2693.89575	25.7	16.31	3.95
05/05/2023	2019.92225	25.97	16.94	2.93
06/05/2023	1511.71225	25.65	16.87	3.77
07/05/2023	1477.61425	26.28	16.66	2.49
08/05/2023	1356.98925	26.12	17.76	4.25
09/05/2023	1738.332	26.59	16.77	3.77
10/05/2023	1795.07175	27.29	16.19	3.55
11/05/2023	923.77275	26.9	15.18	2.95
12/05/2023	536.85	25.55	15.51	3.31
13/05/2023	355.6385	27.05	15.76	3.66
14/05/2023	589.4035	25.03	16.62	4.05
15/05/2023	876.94275	27.3	15.74	3.34
16/05/2023	850.6015	25.73	16.12	3.26
17/05/2023	1256.63275	25.15	15.26	3.73
18/05/2023	1183.94025	24.76	15.23	3.67
19/05/2023	1785.70925	24.32	15.59	3.4
20/05/2023	1517.38775	24.11	15.64	3.75
21/05/2023	1350.9025	24.82	15.52	2.94
22/05/2023	895.06225	24.59	15.36	3.17
23/05/2023	741.0515	23.84	15.76	2.16
24/05/2023	736.86975	24.56	15.23	2.89
25/05/2023	1034.222	24.15	15.03	2.85
26/05/2023	1480.33925	23.22	16.1	3.41
27/05/2023	2047.492	24.25	15.65	3.43
28/05/2023	1475.35925	25.82	15.08	4.43
29/05/2023	1263.954	26.77	14.78	3.62
30/05/2023	1343.36925	25.39	15.05	4.13
31/05/2023	1480.3935	24.45	14.7	3.96

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/06/2023	722.6255	25.42	15	2.83
02/06/2023	510.99025	25.14	14.45	3.08
03/06/2023	600.053	23.61	14.05	3.45
04/06/2023	1653.35775	24.8	14.05	3.73
05/06/2023	1186.927	24.81	14.92	3.19
06/06/2023	793.6555	24.68	14.8	3.42
07/06/2023	821.42925	24.9	13.92	3.2
08/06/2023	705.9255	24.5	13.7	3.11
09/06/2023	1193.61075	23.28	14.15	2.97
10/06/2023	1701.4215	23.62	14.19	3.29
11/06/2023	2327.92	23.27	14.34	3.2
12/06/2023	1915.6295	23.19	13.61	2.95
13/06/2023	2247.545	23.16	14.11	3.03
14/06/2023	2557.405	25.08	13.88	3.4
15/06/2023	1399.668	26.9	14.51	2.89
16/06/2023	228.399	26.06	14.77	3.43
17/06/2023	459.0125	25.76	14.08	3.48
18/06/2023	1397.4435	26.04	14.01	3.27
19/06/2023	2184.525	27.48	14.58	3.81
20/06/2023	988.01325	25.52	14.27	4.54
21/06/2023	1007.435	25.8	14.4	3.49
22/06/2023	1197.48225	25.17	13.92	2.77
23/06/2023	805.42875	24.99	13.55	4.11
24/06/2023	563.7915	24.27	13.9	3.88
25/06/2023	884.524	25.37	14.31	2.91
26/06/2023	1222.74825	24.62	14.44	3.5
27/06/2023	1707.2655	23.7	14.88	3.03
28/06/2023	1706.4975	24.08	14.47	4.05
29/06/2023	1524.1005	24.01	14.62	3.96
30/06/2023	795.20875	23.3	14.71	4.21

FECHA	TOTAL ENERGIA ACTIVA (MWh)	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	Velocidad viento (M/S)
01/07/2023	602.62075	24.24	15.02	3.86
02/07/2023	785.488	24.75	14.05	2.88
03/07/2023	402.74475	23.22	13.81	3.56
04/07/2023	914.6255	23.25	14.31	3.42
05/07/2023	1722.1315	24.99	14.34	2.77
06/07/2023	955.2725	24.14	14.48	2.8
07/07/2023	1031.39175	23.51	14.21	2.66
08/07/2023	910.05825	22.73	14.35	3.3
09/07/2023	1016.08475	23.46	13.94	3.62
10/07/2023	1011.38975	22.48	14.11	2.88
11/07/2023	1725.1785	22.76	13.57	3.27
12/07/2023	2567.726	24.26	14.01	3.09
13/07/2023	2338.29325	23.24	14.3	4.38
14/07/2023	669.60475	23.26	14.11	2.63
15/07/2023	665.45175	23.81	12.6	2.87
16/07/2023	1220.383	23.43	13.28	3.11
17/07/2023	1177.15575	26.48	12.63	3.48
18/07/2023	851.487	24.86	14.26	4.16
19/07/2023	1673.2565	26.91	15.39	3.66
20/07/2023	876.1375	26.38	15.75	3.63
21/07/2023	1877.66125	25.73	16.12	2.97
22/07/2023	2469.6365	25.94	15.05	3.77
23/07/2023	883.52775	24.23	15.35	3.96
24/07/2023	2330.46875	24.48	14.26	3.2
25/07/2023	2705.343	23.74	14.87	3.8
26/07/2023	2352.00725	23.83	14.18	2.82
27/07/2023	1303.34975	22.94	13.24	3.17
28/07/2023	1243.60075	24.22	12.7	3.73
29/07/2023	917.7685	25.2	14.05	2.91
30/07/2023	910.66175	25.37	14.66	3.62
31/07/2023	1029.60375	25.39	15.12	3.35