



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS QUERÉTARO.**

**Ingeniería Mecatrónica.**

# Evaluación y diagnóstico del Potencial Eólico en el Estado de Querétaro.

## PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Para la acreditación de la  
materia:Taller de Investigación  
I

Presentan

Avila Martínez Aldo

IvánNo° Control:

21141120

Dirigido por:

Lopez Ramírez Ana Karen

Diciembre 2024

## **Introducción.**

En los últimos años la preocupación por el cambio climático y la búsqueda de energías más limpias, han llevado a un crecimiento significativo en el uso de tecnologías renovables. Entre ellas la energía eólica ha ganado gran popularidad debido a su capacidad para generar electricidad sin emitir gases contaminantes. Pero ¿Es posible aprovechar este tipo de energía en todas partes? En el caso de Querétaro un estado en pleno desarrollo industrial y con una creciente demanda energética, surge la pregunta: ¿Tiene Querétaro el potencial para generar su propia electricidad a través del viento?

Para responder a esta interrogante, es necesario desarrollar un mapa eólico que permita identificar qué zonas del estado cuentan con los vientos más adecuados para la instalación de turbinas eólicas. Esto no solo ayudaría a diversificar las fuentes de energía, sino que podría significar un paso importante hacia la sostenibilidad energética y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles.

### **1) Problemática.**

Querétaro está en un momento crucial de crecimiento económico e industrial, con ello viene una mayor demanda de energía. El problema es que la mayor parte de esa energía proviene de fuentes no renovables (como el gas natural o el petróleo), que tienen un impacto considerable en el medioambiente. Además, como cualquier recurso finito, estas fuentes no durarán para siempre, lo que plantea un desafío a largo plazo. A pesar de los avances globales en energías limpias, Querétaro aún no ha explorado suficientemente el potencial de la energía eólica.

Por lo tanto, la principal problemática es la falta de diversificación en las fuentes de energía utilizadas en el estado. Esto no solo implica riesgos ambientales, sino también económicos y sociales, pues la dependencia de recursos limitados genera vulnerabilidad. ¿Podría la energía eólica ser una solución viable para estos desafíos en Querétaro? Para responder, es imprescindible realizar estudios más detallados, comenzando con la creación de un mapa eólico del estado.

### **2) Hipótesis.**

Mi hipótesis es que Querétaro cuenta con áreas específicas donde la velocidad y constancia del viento son lo suficientemente favorables para la generación de energía eólica. Si esto es cierto, la implementación de parques eólicos en estas zonas podría reducir significativamente la dependencia del estado en fuentes no renovables y contribuir a un futuro energético más sostenible.



### 3) Marco teórico.

#### 1) 3, 1 Energías renovables

El crecimiento industrial en Querétaro ha generado un aumento significativo en la demanda de suministro eléctrico, especialmente en zonas como Colón y El Marqués, donde los parques industriales están en constante expansión. Además, la llegada de centros de datos, que requieren altos niveles de energía, refuerza esta necesidad. Para hacer frente a esta creciente demanda, tanto el gobierno estatal como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) están trabajando en proyectos para establecer nuevas subestaciones. A pesar de algunos apagones recientes, estos han sido causados por problemas técnicos y actos de vandalismo, no por la falta de energía en el estado, lo que refleja la importancia de garantizar un suministro eléctrico estable y suficiente para sostener el desarrollo industrial.

En México, a pesar del enorme potencial que tiene el país para aprovechar energías renovables como la solar, eólica y geotérmica, la realidad es que nuestra matriz energética sigue dependiendo principalmente de fuentes fósiles. En lugar de aumentar, la participación de las energías limpias ha disminuido, lo cual resulta contradictorio considerando la riqueza de nuestros recursos naturales. Para lograr una transición hacia una matriz energética más sustentable, se requiere una mayor inversión privada, especialmente en energía eólica y, en menor medida, en nuclear. Esto plantea el reto de redefinir el papel del Estado en este proceso. El futuro de la energía renovable en México dependerá tanto del apoyo gubernamental, en forma de políticas y regulación, como de la colaboración con el sector privado para impulsar el cambio. (Vásquez, 2015, p. 132).

En México existe un gran potencial para el aprovechamiento de la energía eólica, especialmente en zonas costeras como Baja California, Sonora, Oaxaca y Yucatán. A pesar de esto, el recurso ha sido **subutilizado**, lo que resalta la necesidad de desarrollar proyectos eólicos en áreas rurales del país. Para que estos proyectos tengan éxito, es esencial no solo el avance tecnológico, sino también la creación de un marco legal más robusto y regulaciones que promuevan la energía eólica, al mismo tiempo que se protege el medio ambiente y la fauna local. (González-Ávila, Beltrán-Morales, Troyo-Diéguez, & Ortega-Rubio, 2006, p. 240)

#### 2) 3,2 Historia de la energía eólica:

La energía eólica tiene una larga historia que comenzó con los antiguos molinos de viento, empleados para tareas como moler granos o bombear agua. Con el tiempo, estas máquinas se perfeccionaron y se extendieron por Europa y América, donde se convirtieron en una base importante para los aerogeneradores modernos. La primera turbina eólica destinada a generar electricidad fue construida a finales del siglo XIX, y desde entonces la tecnología ha avanzado de manera notable. Hoy en día, la energía eólica es una de las fuentes renovables

más importantes, gracias a turbinas más grandes y eficientes, capaces de generar electricidad de manera sostenible y confiable. (Iberdrola, n.d.).

El desarrollo de la energía eólica en México ha sido impulsado por la necesidad de diversificar las fuentes de energía y reducir la dependencia de combustibles fósiles. Regiones como Oaxaca lideraron el aprovechamiento de esta tecnología, que ha comenzado a expandirse a otras zonas del país, como Querétaro. Aunque el estado tiene condiciones de viento menos favorables, la tecnología moderna de turbinas ha permitido que el parque eólico de Huimilpan inicie operaciones en 2023, contribuyendo a la red nacional de energía. Sin embargo, el potencial eólico en Querétaro enfrenta desafíos regulatorios y tecnológicos que deben ser superados para su expansión futura. (Estrella, V. 2023, junio 28).

A finales de 2023, el parque eólico de Querétaro, ubicado en San Pedro, Huimilpan (FIGUR |1), comenzó a operar, aportando inicialmente 30 megawatts de energía limpia. Este proyecto, que tardó más de seis años en concretarse, representa un avance significativo para el estado, que, aunque no ha sido líder en energías renovables, tiene una de las mayores demandas energéticas del país. La meta es que el parque pueda crecer y generar hasta 100 megawatts, lo que marcaría un hito para el suministro de energía en Querétaro. Además, este proyecto puede inspirar a otros municipios del estado a desarrollar iniciativas similares, reforzando el compromiso de la región con la adopción de energías sostenibles. (Rosas, S. 2024, enero 23).



FIGURA 1: Fuente: El Economista. (2023). *Alistan apertura de parque eólico en Querétaro.*

### 3.3- Energía Eólica.

Es el aprovechamiento de la energía cinética del viento para generar electricidad

mediante aerogeneradores. Se considera una fuente renovable y limpia, ya que no emite gases contaminantes ni agota los recursos naturales. REFERENCIA.

### Componentes de un generador eólico

#### **Turbina eólica:**

Dispositivo mecánico que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, que posteriormente se transforma en electricidad. Las turbinas modernas pueden alcanzar alturas de más de 100 metros y están equipadas con palas aerodinámicas de gran tamaño.

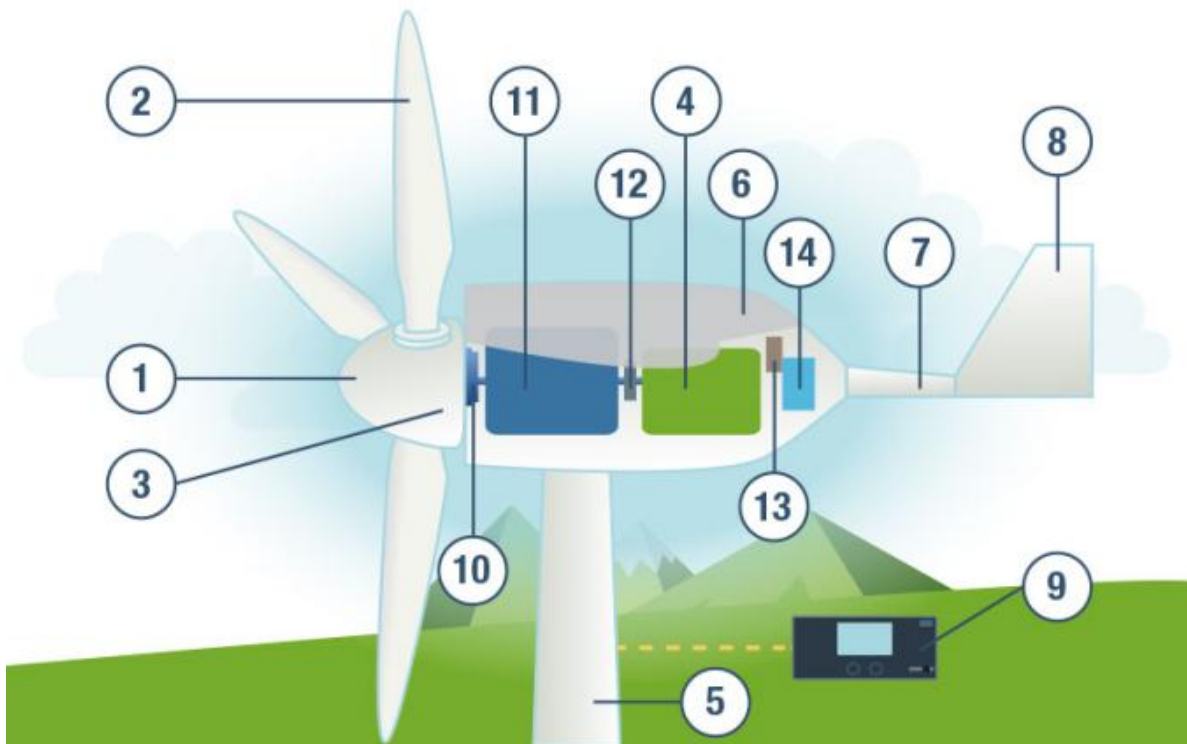


FIGURA 2: Fuente: Grupo 15 Fluidos. (2016). *Componentes de una turbina eólica.*

#### **Componentes:**

1. **Cono frontal:** Cubierta aerodinámica que conecta las palas con el buje, diseñada para reducir la resistencia al viento y proteger los componentes internos del rotor. (Grupo 15, 2016).
2. **Palas:** Elementos responsables de captar la energía del viento y transmitirla al rotor. Generalmente están hechas de materiales ligeros y resistentes como fibra de vidrio o carbono. Su longitud varía entre 1 y 100 metros, dependiendo de la potencia de la turbina. Las palas están diseñadas para soportar grandes cargas y optimizar su desempeño aerodinámico. (Grupo 15, 2016).



3. **Buje:** Componente que conecta las palas al eje principal, transmitiendo la energía captada al rotor o a la caja multiplicadora. Por lo general, está hecho de acero fundido y permite el ajuste del ángulo de ataque de las palas. (Grupo 15, 2016).
4. **Rotor:** Conjunto compuesto por las palas y el buje. El rotor es responsable de capturar la energía cinética del viento y convertirla en energía de rotación mecánica. También incluye mecanismos para ajustar las palas y frenar la turbina si es necesario. (Grupo 15, 2016).
5. **Generador:** Convierte la energía mecánica del rotor en electricidad. Puede ser sincrónico o asincrónico dependiendo de las necesidades del sistema. Los generadores modernos permiten variar la velocidad para mejorar la eficiencia y la compatibilidad con la red eléctrica. (Grupo 15, 2016).
6. **Soporte o torre:** Estructura que sostiene la góndola y el rotor a alturas que varían entre 40 y 60 metros para aprovechar vientos más constantes y con menor turbulencia. Está hecha de acero o una mezcla de acero y hormigón, y su diseño hueco permite el acceso interno a la góndola. (Grupo 15, 2016).
7. **Góndola:** Carcasa que alberga los componentes principales de la turbina, como el generador, la caja multiplicadora y los sistemas electrónicos. Protege los elementos internos de las inclemencias climáticas y permite acceso para mantenimiento. (Grupo 15, 2016).
8. **Timón de orientación o veleta:** Sistema que, junto con el anemómetro, orienta la turbina en dirección al viento para maximizar su eficiencia. Actúa bajo el control del sistema electrónico de la turbina. (Grupo 15, 2016).
9. **Eje de baja velocidad:** Transmite la energía mecánica del rotor a la caja multiplicadora. Su velocidad de giro es baja, entre 19 y 30 revoluciones por minuto en turbinas modernas, lo que requiere un sistema de engranajes para aumentar la velocidad. (Grupo 15, 2016).
10. **Multiplicador:** Caja de engranajes que incrementa la velocidad de rotación del eje de baja velocidad a niveles óptimos para el generador (hasta 1,500 rpm). Su diseño debe ser robusto para soportar grandes cargas y vibraciones. (Grupo 15, 2016).





11. **Eje de alta velocidad:** Este eje transmite la rotación amplificada desde el multiplicador al generador. Su velocidad puede alcanzar hasta 1,500 rpm, lo que asegura la eficiencia del generador. (Grupo 15, 2016).
12. **Controlador electrónico:** Ordenador que monitorea las condiciones del viento y gestiona los sistemas de la turbina, como la orientación del rotor y la velocidad de giro, para maximizar la generación de energía y proteger el equipo en condiciones adversas. (Grupo 15, 2016).
13. **Unidad de refrigeración:** Sistema que enfría el generador y la caja de engranajes para evitar sobrecalentamientos durante el funcionamiento. Utiliza ventiladores eléctricos y aceite refrigerante. (Grupo 15, 2016).
14. **Regulador de carga:** Presente en turbinas de baja potencia, este componente actúa como sistema de frenado cortocircuitando la salida del generador para evitar daños. (Grupo 15, 2016).

Consideraciones de

#### 4.3 Matriz energética:

Es la forma de distribución de las distintas fuentes de energía que utiliza un país o región para satisfacer su demanda de energía. En el caso de México, sigue predominando el uso de combustibles fósiles, aunque las energías renovables han comenzado a ganar terreno. (Vásquez, 2015).

#### 4.4 Potencial eólico:

Es la capacidad que tiene una región o país para generar electricidad a partir del viento. Se determina por la intensidad y constancia del viento, así como por las características geográficas de la zona. (González-Ávila et al., 2006).

#### 4.5 Intermitencia:

Característica de las fuentes de energía renovable, como la eólica, donde la generación de electricidad no es constante ni predecible, ya que depende de factores naturales, como el viento o la radiación solar. (Clerc Parada, 2015).

#### 4.6 Marco regulatorio:

Conjunto de leyes, normativas y regulaciones que establecen las reglas para el desarrollo, operación y expansión de los proyectos de energía renovable. Un marco regulatorio sólido es clave para atraer inversiones y garantizar la seguridad jurídica. (Zárate Toledo & Fraga, 2016).



#### 4.7 Huella de carbono:

Es la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos, directa o indirectamente, por una actividad, producto o servicio. Las energías renovables, como la eólica, tienen una huella de carbono mucho menor que las energías fósiles. (García & Cancino, s/f).

#### 4.8 Parque eólico:

Conjunto de aerogeneradores instalados en un área geográfica determinada para generar electricidad a partir del viento. Estos parques requieren evaluaciones detalladas de viento y estudios de impacto ambiental para su construcción. (Estrella, 2023).

#### 4.9 Eficiencia energética:

Es el uso racional de la energía para realizar una actividad o producir un bien, minimizando el desperdicio de recursos. En el caso de la energía eólica, se busca optimizar la conversión de la energía del viento en electricidad. (Fluidosgrupo, 2016).

### 4) JUSTIFICACION:

La creciente demanda energética en Querétaro, impulsada por su rápido desarrollo industrial, resalta la necesidad de diversificar las fuentes de energía y reducir la dependencia de combustibles fósiles. La energía eólica representa una alternativa viable, limpia y sostenible que puede contribuir a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el impacto ambiental de la producción de energía.

Aunque Querétaro no es tradicionalmente conocido por sus vientos, estudios preliminares sugieren que algunas zonas elevadas podrían tener un potencial eólico aprovechable. Evaluar este potencial es esencial para identificar áreas donde la implementación de parques eólicos sería factible y beneficiosa para el estado (Olmos, Matías, Molina & Ríos, 2019).

El aprovechamiento de la energía eólica no solo tendría un impacto positivo en la reducción de la huella de carbono, sino que también fortalecería la seguridad energética del estado al diversificar sus fuentes de suministro. Además, la inversión en infraestructura eólica puede generar empleos locales y promover el desarrollo económico en las zonas seleccionadas (Azamar Alonso, A., & García Beltrán, Y. M., 2021).

#### **Impacto Ambiental, Social y Económico:**

Desde una perspectiva ambiental, la energía eólica ayuda a reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono que en el 2020 eran de XXXXX. Aumentar la participación de fuentes eólicas en la matriz energética podría disminuir las emisiones hasta en un 20% en escenarios de alta adopción esto se traduce en una mejora en la calidad del aire y contribuye a los objetivos de mitigación del cambio climático. (Clerc





Parada, 2015).

En términos sociales, los parques eólicos pueden generar empleos tanto en la fase de construcción como en la operación, especialmente en áreas rurales. Esto fomenta el desarrollo económico en las comunidades cercanas y ofrece nuevas oportunidades laborales para sus habitantes. Además, la inversión en energía renovable también impulsa la cohesión social, al integrar a actores clave y promover la sostenibilidad a nivel local (Olmos et al., 2019).

Económicamente, la energía eólica puede atraer inversiones tanto nacionales como extranjeras, lo que refuerza la economía local. A largo plazo, al depender menos de fuentes fósiles importadas, Querétaro podría experimentar una mayor estabilidad energética y menores costos de generación, lo que beneficiaría tanto a la industria como a los consumidores (Clerc Parada, 2015).

Este estudio busca aportar datos científicos y técnicos que permitan valorar la viabilidad de la energía eólica en Querétaro, proporcionando una base sólida para futuras decisiones de inversión y desarrollo de políticas energéticas en la región.

## **5) OBJETIVOS.**

### **Objetivo General**

- Evaluar el potencial de generación de energía eólica en Querétaro mediante la identificación de zonas con vientos adecuados, contribuyendo a la diversificación energética y la reducción de la dependencia de fuentes no renovables en el estado.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar y analizar las zonas en Querétaro con velocidades de viento adecuadas para la instalación de parques eólicos, utilizando herramientas de georreferenciación y modelado meteorológico.
2. Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar parques eólicos en las zonas identificadas, considerando factores como infraestructura, costos de instalación y beneficios ambientales.

## **6) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En un estado en rápido crecimiento industrial como Querétaro, la demanda energética aumenta de forma constante, impulsada por sectores como la manufactura, la tecnología y los servicios. Sin embargo, este crecimiento enfrenta una gran limitación: la dependencia de fuentes no renovables, como el gas natural y el petróleo, para el suministro eléctrico. Esta dependencia no solo representa un riesgo ambiental, sino también un obstáculo significativo



para el desarrollo económico y social en el mediano y largo plazo. Sin alternativas de energía limpia, Querétaro enfrenta un futuro de vulnerabilidad ante la volatilidad de los precios de combustibles fósiles y la posible escasez de estos recursos no renovables.

La falta de diversificación energética en Querétaro también implica consecuencias directas para el medio ambiente. La emisión de gases de efecto invernadero, que provienen en gran medida de fuentes de energía fósil, contribuye al cambio climático, un fenómeno que ya ha comenzado a impactar la vida y la salud de los habitantes del estado. Además, la baja implementación de energías limpias agrava los problemas de calidad del aire, lo cual afecta principalmente a las comunidades urbanas e industriales, donde la concentración de población y actividad económica es mayor.

Si no se explora el potencial de la energía eólica como una fuente alternativa en Querétaro, las comunidades locales seguirán expuestas a los impactos de la contaminación y la degradación ambiental. Asimismo, los sectores industriales, que dependen en gran medida de un suministro energético confiable y económico, verán afectada su competitividad en un mundo cada vez más orientado hacia prácticas sostenibles.

Finalmente, la falta de un estudio detallado sobre el potencial eólico en Querétaro limita las oportunidades de inversión y desarrollo de infraestructura que podría posicionar al estado como un líder en energías renovables. La ausencia de políticas energéticas diversificadas deja al estado rezagado frente a otros lugares del país que ya han avanzado en la transición hacia fuentes limpias. Sin una acción concreta, Querétaro seguirá dependiendo de combustibles fósiles importados, lo cual no solo representa una carga económica, sino también una barrera para alcanzar una seguridad energética sustentable en el futuro.

Este estudio se plantea, entonces, como una respuesta urgente a una problemática que afecta a múltiples sectores y niveles en el estado. Solo con la identificación de zonas potenciales para la instalación de parques eólicos se podría dar un primer paso hacia una matriz energética menos contaminante, más sostenible y mejor adaptada a las necesidades de un Querétaro en constante crecimiento.

## 7) METODOLOGIA.

### 7.1 Recopilación y análisis de datos

#### 7.1.1 Datos meteorológicos

Se recopilarán datos sobre velocidad y dirección del viento en Querétaro a partir de dos fuentes principales:

- **Primarias:** Uso de bases de datos históricas provenientes de estaciones meteorológicas locales y nacionales, como las del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y fuentes internacionales, para complementar y validar las mediciones directas.
- **Secundarias:** Instalación de anemómetros en puntos estratégicos seleccionados con base en estudios geográficos preliminares. Los anemómetros registrarán la velocidad y constancia del viento a distintas alturas durante un periodo de X meses, para garantizar datos representativos de las condiciones anuales.



**Resultados esperados:** Un conjunto de datos confiables que permita analizar la velocidad promedio, densidad energética del viento y patrones estacionales en las zonas seleccionadas.

### 7.1.2 Análisis geográfico

Se utilizarán herramientas de georreferenciación para mapear las áreas con características topográficas favorables para la instalación de parques eólicos:

- Identificación de zonas elevadas y abiertas, como las regiones montañosas de Colón y El Marqués.
- Evaluación de proximidad a infraestructura eléctrica existente y rutas de acceso para facilitar la construcción y operación de parques eólicos.

### 7.1.3 Evaluación técnica

El análisis técnico incluirá:

- Generación de mapas de distribución del viento y densidad energética.
- Cálculo de la energía que podrían generar diferentes modelos de turbinas eólicas, considerando la velocidad del viento y las condiciones locales.
- Análisis de los requerimientos de infraestructura para maximizar la eficiencia de generación.

**Resultados esperados:** Estimaciones un poco más precisas de la capacidad de generación eólica en cada zona viable.

### 7.1.4 Evaluación económica

Se realizará un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad financiera de los proyectos eólicos:

- **Costos:** Incluyen adquisición de turbinas, construcción, operación, mantenimiento y conexión a la red eléctrica.
- **Beneficios:** Ahorro energético a largo plazo, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y generación de empleos locales.

Adicionalmente, se considerará la comparación con otras fuentes renovables en Querétaro, como la energía solar, para evaluar la competitividad económica de los proyectos, lo cual es imprescindible para el éxito del proyecto.

**Resultados esperados:** Un modelo financiero que permita identificar las zonas con el mayor potencial de rentabilidad y sostenibilidad.

### 7.1.5 Evaluación de impactos ambientales y sociales

Se analizarán los posibles impactos de los proyectos en el entorno natural y las comunidades locales:

- **Ambientales:** Efectos en la flora y fauna, cambios en el paisaje, y reducción esperada de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- **Sociales:** Generación de empleos durante la construcción y operación, y percepción de las comunidades hacia los proyectos.

El estudio incluirá medidas para mitigar posibles impactos negativos, asegurando que los beneficios superen a los inconvenientes.

**Resultados esperados:** Recomendaciones para la implementación de proyectos eólicos que



sean ambiental y socialmente sostenibles.

### 7.3 Limitaciones

- **Restricciones geográficas:** Acceso limitado a ciertas zonas rurales para la instalación de equipos de medición.
- **Variabilidad climática:** Posibles inconsistencias en los patrones de viento debido a eventos climáticos extremos o estacionales.
- **Restricciones presupuestarias:** Dependencia de recursos financieros para adquirir y operar instrumentos especializados.

## 8) RESULTADOS.

### 8.1 Velocidad del viento mínima para la rentabilidad de parques eólicos.

La velocidad promedio del viento requerida para que un parque eólico sea económicamente viable depende de las características técnicas de las turbinas utilizadas y del marco regulatorio aplicable. En México, se considera que una velocidad promedio superior a **6 m/s a 80 metros de altura** es necesaria para justificar la inversión, ya que esta velocidad garantiza una densidad energética adecuada para generar electricidad a un costo competitivo frente a otras fuentes de energía (Vásquez, 2015).

El parque eólico de Huimilpan, ubicado en el municipio de El Marqués, opera con turbinas diseñadas para maximizar su eficiencia en zonas con velocidades promedio de viento entre **6.5 y 7 m/s**, lo que demuestra la viabilidad de proyectos eólicos en áreas con estas características (Rosas, 2024).

### 8.2 Análisis de Viabilidad Eólica en Querétaro

Con base en los datos históricos recopilados de fuentes confiables, se realizó un análisis detallado de las velocidades del viento en los municipios con mayor potencial para la instalación de parques eólicos: Colón, El Marqués y Huimilpan. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

- Velocidad del viento por municipio:
  - El Marqués: Velocidad promedio anual de 6.7 m/s, considerada altamente favorable para proyectos eólicos de gran escala (Weather Spark, 2022).
  - Colón: Velocidad promedio anual de 6.3 m/s, moderadamente favorable, pero con potencial para tecnologías adaptadas a vientos medianos (MeteoBlue, 2022).
  - Huimilpan: Velocidad promedio anual de 6.8 m/s, altamente favorable y comparable con los estándares internacionales para generación eólica eficiente (Weather Spark, 2022).
- Resultados clave:
  - Los datos muestran que El Marqués y Huimilpan presentan condiciones ideales

para la generación de energía eólica, manteniendo velocidades promedio superiores al umbral de 6 m/s necesario para la rentabilidad económica (Clerc Parada, 2015).

- En Colón, aunque las velocidades promedio son ligeramente inferiores, existen oportunidades para proyectos de menor escala o el uso de turbinas optimizadas para vientos más bajos (González-Ávila et al., 2006).
- Visualización de resultados:
  - Se generaron gráficos que ilustran:
    1. Las velocidades promedio anuales del viento por municipio (Weather Spark, 2022).
    2. Variaciones estacionales del viento, mostrando consistencia en los municipios más favorables (MeteoBlue, 2022).
    3. Comparaciones entre densidades energéticas estimadas para cada zona (Vásquez, 2015).

Este análisis permite identificar las áreas con mayor viabilidad para la implementación de parques eólicos, reforzando la importancia de una planificación estratégica en el aprovechamiento del potencial eólico de Querétaro (Rosas, 2024).

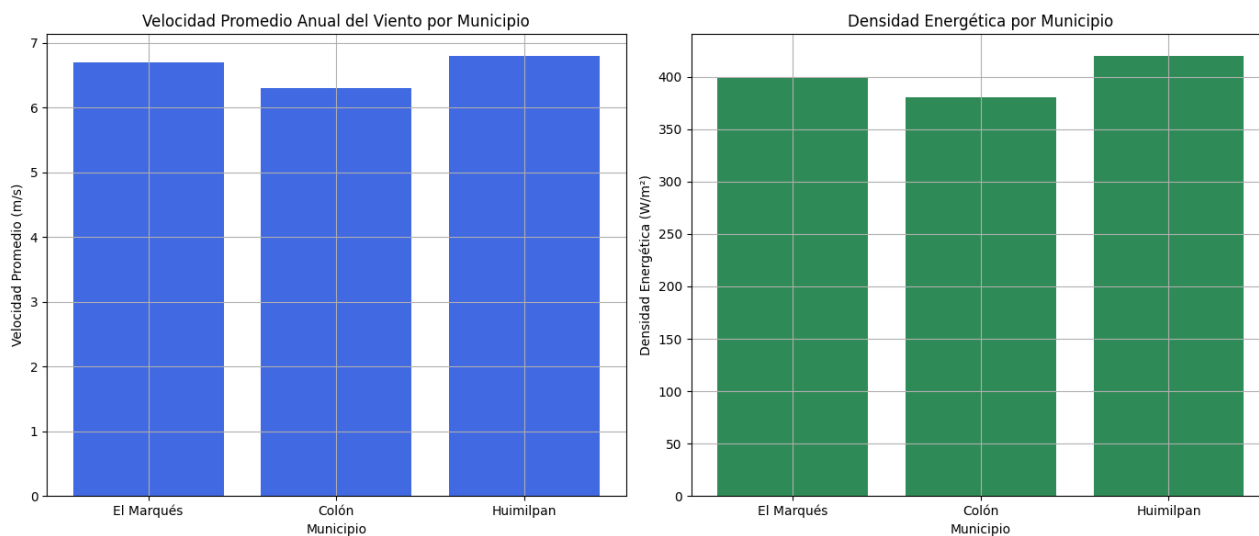


FIGURA 3. Fuente: Elaboración propia con base en datos históricos (Weather Spark, 2022; MeteoBlue, 2022). Análisis de las velocidades del viento en los municipios de Colón, El Marqués y Huimilpan.

## 9) CRONOGRAMA.

- ❖ El cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto de viabilidad eólica en Querétaro está organizado a lo largo de un período de tiempo que inicia en enero de



2025 y finaliza en agosto de 2025. A continuación se detalla el enfoque y las fases del proyecto, reflejadas en las distintas actividades y sus fechas de inicio y fin:

- ❖ **Recopilación de Datos Meteorológicos (Enero 2025):** En esta fase, se obtendrán datos primarios y secundarios sobre las condiciones del viento en Querétaro. Se utilizarán fuentes confiables como estaciones meteorológicas y anemómetros instalados en puntos estratégicos. La duración estimada de esta actividad es de 9 días.
- ❖ **Instalación de Anemómetros (Enero 2025):** Esta actividad tiene como objetivo instalar los anemómetros en ubicaciones específicas para medir la velocidad y dirección del viento a distintas alturas. La instalación se completará en 10 días.
- ❖ **Registro de Datos (Febrero 2025):** Durante este mes, se llevará a cabo la recolección y el registro de datos de viento. Esta fase se extiende a lo largo de un mes completo.
- ❖ **Análisis Geográfico (Enero - Febrero 2025):** El análisis geográfico se centrará en identificar las zonas más favorables para la instalación de parques eólicos, considerando factores topográficos y la proximidad a infraestructura eléctrica. Esta actividad se llevará a cabo durante dos meses, con un enfoque inicial en enero y febrero.
- ❖ **Evaluación de Infraestructura (Febrero 2025):** Evaluar la infraestructura eléctrica y las rutas de acceso para los parques eólicos será fundamental para garantizar la viabilidad del proyecto. Se estima que esta actividad dure un mes.
- ❖ **Evaluación Técnica (Marzo - Abril 2025):** En esta fase se generarán mapas de distribución del viento y se calculará la energía potencial generada por las turbinas en las zonas seleccionadas. Esta actividad es clave para la optimización del diseño de los parques eólicos y se extiende durante dos meses.
- ❖ **Evaluación Económica (Abril - Mayo 2025):** Se realizará un análisis costo-beneficio que abarcará los costos de implementación, operación y mantenimiento de los parques eólicos. Este análisis se completará en un mes y medio.
- ❖ **Evaluación de Impactos Ambientales y Sociales (Mayo - Junio 2025):** Se evaluarán los posibles impactos tanto ambientales como sociales de los proyectos, con el objetivo de identificar posibles medidas de mitigación. Esta fase tiene una duración estimada de un mes y medio.
- ❖ **Medidas de Mitigación (Junio 2025):** En caso de identificar impactos negativos, se diseñarán las medidas necesarias para mitigar estos efectos. Esta actividad se llevará a cabo en 15 días.
- ❖ **Redacción y Revisión del Informe Final (Julio - Agosto 2025):** Finalmente, se procederá a la redacción del informe final con los resultados obtenidos, que será revisado antes de la presentación. La actividad de redacción y revisión se estima que se realice en un mes y medio.
- ❖ **Presentación de Resultados (Agosto 2025):** La última actividad consiste en la presentación formal de los resultados obtenidos a las partes interesadas, como autoridades locales, inversores y académicos. Esta actividad se llevará a cabo durante la última semana de agosto de 2025.



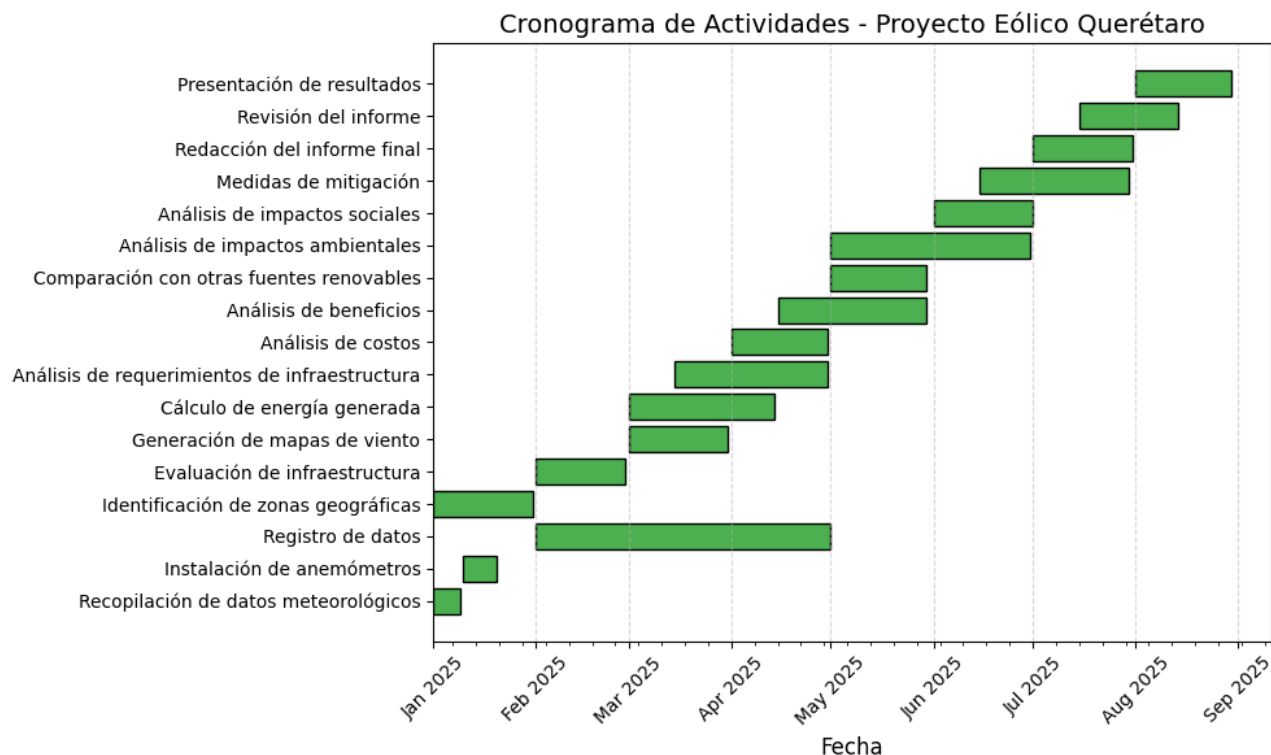


FIGURA 4: Fuente: Elaboración propia. (2024). Cronograma de actividades para el análisis de viabilidad eólica en Querétaro.

## 10) REFERENCIAS.

Vásquez, A. L. (2015). Desarrollo y prospectivas de energía renovable en México. *Revista Economía Informa*, 390, 132-153.

González-Ávila, M. E., Beltrán-Morales, L. F., Troyo-Diéguez, E., & Ortega-Rubio, A. (2006). Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México. *Interciencia*, 31(4), 240-245.

Iberdrola. (n.d.). *Historia de la energía eólica*. Iberdrola. Recuperado de <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/energia-eolica-terrestre/historia>.

Estrella, V. (2023, junio 28). *Parque eólico de Querétaro inició operaciones*. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Parque-eolico-de-Queretaro-inicio-operaciones-20230628-0075.html>

Rosas, S. (2024, enero 23). *Ya opera el parque eólico de Querétaro; genera 30 megawatts de electricidad*. El Universal Querétaro. <https://www.eluniversalqueretaro.mx/cartera/ya-opera-el-parque-eolico-de-queretaro-genera-30-megawatts-de-electricidad/>



(S/f). Chapingo.mx. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://revistas.chapingo.mx/geografia/article/view/r.rga.2021.67.02>

(S/f). Olade.org. Recuperado el 17 de noviembre de 2024, de [https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0272.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0272.pdf?utm_source=chatgpt.com)

(S/f-b). Researchgate.net. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/323759772\\_METODOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_EVALUACION\\_DEL\\_POTENCIAL\\_EOLICO\\_EN\\_UNA\\_REGION\\_ESPECIFICA](https://www.researchgate.net/publication/323759772_METODOLOGIA_PARA_LA_EVALUACION_DEL_POTENCIAL_EOLICO_EN_UNA_REGION_ESPECIFICA)

(S/f-b). Researchgate.net. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/323759772\\_METODOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_EVALUACION\\_DEL\\_POTENCIAL\\_EOLICO\\_EN\\_UNA\\_REGION\\_ESPECIFICA](https://www.researchgate.net/publication/323759772_METODOLOGIA_PARA_LA_EVALUACION_DEL_POTENCIAL_EOLICO_EN_UNA_REGION_ESPECIFICA)

(S/f-c). Amdee.org. Recuperado el 18 de noviembre de 2024, de <https://amdee.org/wp-content/uploads/AMDEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>

Zárate Toledo, E., & Fraga, J. (2016). La política eólica mexicana: Controversias sociales y ambientales debido a su implantación territorial. Estudios de caso en Oaxaca y Yucatán. *Trace*, 69, 65–95. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-62862016000100065](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-62862016000100065)

García, V. V., & Cancino, R. M. Z. (s/f). *Los retos de la energía eólica en México*. Com.mx. Recuperado el 19 de noviembre de 2024, de <https://medioambiente.nexos.com.mx/los-retos-de-la-energia-eolica-en-mexico/>

Fluidosgrupo, /. (2016, abril 24). *Componentes de una turbina eólica*. Grupo 15. <https://grupo15fluidos.wordpress.com/2016/04/24/componentes-de-una-turbina-eolica/>

Estrella, V. (2023, mayo 14). *Alistan apertura de parque eólico en Querétaro*. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Alistan-apertura-de-parque-eolico-en-Queretaro-20230514-0008.html>

Weather Spark. (2022). Datos históricos meteorológicos de 2022 en Santiago de Querétaro, México. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/>.

MeteoBlue. (2022). Datos climáticos modelados: Velocidad del viento en Santiago de Querétaro, México. Recuperado de <https://www.meteoblue.com/>.

Clerc Parada, L. (2015). Impacto económico y ambiental de la energía eólica. *Revista de Energías Renovables*, 12(3), 45-59.

González-Ávila, M. E., Beltrán-Morales, L. F., Troyo-Diéguez, E., & Ortega-Rubio, A. (2006). Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México. *Interciencia*, 31(4), 240-245.

Vásquez, A. L. (2015). Desarrollo y perspectivas de energía renovable en México. *Revista Economía Informa*, 390, 132-153.

Rosas, S. (2024). Ya opera el parque eólico de Querétaro; genera 30 megawatts de electricidad. El Universal Querétaro. Recuperado de <https://www.eluniversalqueretaro.mx/>.

Part2:

Que es energía?