



UACAM
Universidad Autónoma de Campeche



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



Centro de Investigación en
Materiales Avanzados, S.C.



**UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA**

Aerogenerador Auxiliar

Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Campeche

GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO: “Planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar para su integración en comunidades rurales”, número de aprobación CONAHCYT 319524



ÍNDICE

CONTENIDO

1	RESUMEN	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	MARCO TEÓRICO	5
3.1	ENERGÍA EÓLICA.	5
3.2	TIPOS DE AEROGENERADORES:.....	6
4	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	7
4.1	OBJETIVO GENERAL.	7
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA	8
6	FUNCIONAMIENTO	10
6.1	AEROGENERADOR ELÉCTRICO	10
7	INSTALACIÓN DE UN AEROGENERADOR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA UAC... 13	
8	DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN	15
9	CONCLUSIONES	16
10	BIBLIOGRAFÍA	16
11	EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS	17

1 RESUMEN

Se implementó un aerogenerador en la planta comunitaria para el secado de productos pesqueros operada con energía termosolar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche con la finalidad de obtener energía auxiliar en caso de que se presente demasiada intermitencia solar durante el periodo de secado solar, ya que es muy recurrente las lluvias en ciertas temporadas en el estado de Campeche, asegurando el funcionamiento de este sistema para trasladarlo a la población en la que se instaló la Planta comunitaria operada con energía solar durante la Tercera etapa del proyecto.

Este sistema de generación eólica está instalado a un costado de la planta de secador solar, el cual tiene como propósito generar energía eléctrica mediante el aire.

La energía recolectada se almacena en un banco de baterías designado para el funcionamiento de una resistencia eléctrica que calienta el agua a una temperatura regulable en un panel electrónico dentro de un gabinete donde está resguardado un inversor conectado a un arreglo fotovoltaico, esto con el fin de garantizar una carga constante al banco de baterías, que no puede ser cubierta por los módulos fotovoltaicos por culpa de la intermitencia solar que se pueda generar durante el día.

La transferencia de esta tecnología a comunidades locales puede tener un impacto significativo en áreas donde el acceso a energía eléctrica es muy limitado como en zonas pegadas a la orilla del mar. Además, al utilizar energía solar, se brinda una solución que es económicamente viable y sostenible a largo plazo.

Este enfoque comunitario puede implicar la instalación de aerogeneradores eólicos en áreas que carecen de acceso a la energía eléctrica, teniendo un impacto significativo en la mejora de las condiciones de vida de las comunidades beneficiadas.

2 INTRODUCCIÓN

La cantidad de energía encapsulada o suministrada por las masas de aire en movimiento durante su circulación a través de las capas inferiores de la atmósfera representa un nivel de potencial energético relativamente alto, especialmente en condiciones específicas locales y temporales. Por lo tanto, se justifica el esfuerzo por llevar a cabo su conversión en energía útil y su aprovechamiento en condiciones favorables de eficiencia y rentabilidad, dada la madurez alcanzada por las tecnologías de conversión eólica.

El viento se origina a partir de la expansión y convección del aire, desencadenadas por las diversas absorciones de la energía solar de la Tierra. A nivel global, estos efectos térmicos se combinan con efectos dinámicos debidos a la rotación terrestre, dando lugar a la circulación general atmosférica. Además de esta situación a gran escala, se observan variaciones significativas a nivel local y temporal, causadas por factores geográficos y climatológicos.

Así, al considerar el viento como un recurso energético y desde la perspectiva de su disponibilidad como fuente de suministro, presenta características específicas. Este es una fuente con variaciones temporales sustanciales a pequeña y gran escala de tiempo, así como espaciales, tanto en superficie como en altura, y cuenta con una componente aleatoria que afecta en gran medida a su variación total. Al mismo tiempo, es crucial tener en cuenta que la energía eólica disponible por unidad de área expuesta al viento es proporcional al cubo de la velocidad, lo que implica que pequeñas variaciones en la velocidad del viento resultan en variaciones significativas en la energía suministrada.

Las características del viento influyen de manera significativa en diversas áreas de trabajo asociadas con los sistemas de aprovechamiento de la energía eólica:

- En la elección del emplazamiento más idóneo para la instalación de sistemas eólicos, considerando las marcadas variaciones locales del viento.
- En la estimación o predicción de la producción energética y del funcionamiento global del sistema eólico, tomando en cuenta valores promedio de viento y distribuciones diarias, estacionales y direccionales en lugares específicos o de interés.
- En el diseño del sistema, donde se consideran las condiciones medias representativas y las condiciones extremas de viento.
- En la operación y regulación del sistema eólico, interviniendo aspectos como la predicción del viento para planificar el funcionamiento en tiempo real, así como las características del

viento que afectan la estrategia de operación (arranque, parada, orientación, etc.) y factores que impactan el mantenimiento o vida útil del sistema (ráfagas, turbulencias, etc.).

Estas propiedades hacen que la evaluación y caracterización del viento como fuente de energía sean áreas de trabajo de especial importancia en la explotación de la energía eólica. Es esencial conocer el régimen de vientos al que estará sometido el sistema eólico tanto para optimizar las aplicaciones energéticas como para prever las condiciones de operación y funcionamiento.

En la búsqueda constante de soluciones sostenibles y eficientes para satisfacer las crecientes demandas energéticas, los aerogeneradores han emergido como tecnologías clave en la generación de energía renovable. Sin embargo, el rendimiento óptimo de los parques eólicos a menudo enfrenta desafíos relacionados con la variabilidad del viento y la necesidad de garantizar un suministro constante de electricidad. En este contexto, surge la relevancia de los aerogeneradores auxiliares, dispositivos diseñados para optimizar la producción de energía eólica al abordar los vacíos en la generación durante condiciones específicas.

Un aerogenerador auxiliar se presenta como una solución innovadora que complementa la funcionalidad de los aerogeneradores convencionales al mejorar la eficiencia operativa y la estabilidad del sistema. Estos dispositivos están diseñados para mitigar los impactos negativos de la variabilidad del viento, ofreciendo un respaldo adicional cuando las condiciones no son óptimas para la generación de energía. Ya sea a través de sistemas de almacenamiento de energía, tecnologías de almacenamiento térmico o mecanismos de compensación, los aerogeneradores auxiliares desempeñan un papel crucial en la transición hacia un panorama energético más sostenible y confiable.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 ENERGÍA EÓLICA.

Esta es una forma de energía renovable la cual se genera mediante la conversión de la energía cinética captada por el viento en electricidad. Al pasar las corrientes de aire sobre los aerogeneradores, capturan la energía cinética por medio de las palas o álabes del rotor; produciendo energía mecánica la cual pasa a convertirse en electricidad a través de un generador.

La energía eólica se considera una fuente de energía limpia y sostenible, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni depende de combustibles fósiles; pero a pesar de que es una fuente de energía prometedora, también enfrenta ciertos desafíos, como la variabilidad del viento y la necesidad de espacio considerable para los parques eólicos.

Pero no por ello deja de ser una alternativa funcional para ser utilizado tanto a pequeña escala para abastecer comunidades remotas como a gran escala en parques eólicos comerciales para contribuir a la red eléctrica.

3.2 TIPOS DE AEROGENERADORES:

Existen muchos tipos de aerogeneradores en los que su diseño puede variar según diversos factores, como la ubicación geográfica, la velocidad del viento y el propósito de este, etc. Pero algunos de los principales tipos de aerogeneradores que hay son:

- Aerogeneradores de Eje Vertical (VAWT): En estos el rotor gira alrededor de un eje vertical; pese a ser menos comunes en aplicaciones comerciales, algunos han sido desarrollados para aplicaciones urbanas o de pequeña escala.
- Aerogeneradores multipala: Estos cuentan con un número de 12 a 24 palas en el rotor, que permiten aprovechar vientos de más baja velocidad, pero generando un mayor torque, estos suelen ser empleados para bombeo de agua.
- Aerogeneradores Flotantes: Están diseñados para instalarse en plataformas flotantes en el mar en lugar de estar fijados al lecho marino, los cuales pueden desplegarse en aguas más profundas donde los cimientos tradicionales no son prácticos.
- Aerogeneradores Monopala y Bipala: Algunos aerogeneradores están diseñados con una o solo dos palas en lugar de las tres; teniendo una apariencia distintiva, presentan ciertas ventajas en términos de costos y mantenimiento, pero teniendo implicaciones en términos de equilibrio y eficiencia, según el contexto de utilidad.

4 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar el armado, montaje e instalación de un aerogenerador de tipo eje horizontal para aprovechar la energía eólica y transformarla en energía eléctrica almacenándola en un banco de baterías que alimenta un sistema de secado solar.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Ensamblar las piezas del aerogenerador y adaptarlas a la torre.
- Montar el aerogenerador.
- Instalar el aerogenerador con sus respectivas conexiones eléctricas.

5 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA

1. Generador Eléctrico:

- Tipo de Generador: Los aerogeneradores suelen utilizar generadores síncronos o asíncronos. Los generadores de imanes permanentes también son comunes.
- Potencia Nominal: Indica la cantidad máxima de potencia que el aerogenerador puede generar en condiciones ideales.

2. Sistema de Control:

- Control de Velocidad: Algunos aerogeneradores utilizan sistemas de control de velocidad para ajustar la velocidad del rotor y mantenerla constante independientemente de la velocidad del viento.
- Control de Paso de Palas: Otros aerogeneradores emplean sistemas de control de paso de palas para ajustar el ángulo de las palas y regular la velocidad del rotor.

3. Palas del Rotor:

- Material: Las palas suelen estar hechas de materiales compuestos ligeros y duraderos, como fibra de vidrio o materiales reforzados con carbono.
- Diseño Aerodinámico: La forma de las palas está diseñada para maximizar la captura de energía del viento.

4. Torre:

- Altura de la Torre: La altura de la torre influye en la eficiencia del aerogenerador al permitir el acceso a vientos de mayor velocidad y menos turbulentos.
- Material de la Torre: Las torres suelen estar construidas con acero o concreto.

5. Sistema de Enfriamiento:

- Enfriamiento del Generador: Los generadores pueden necesitar sistemas de enfriamiento para evitar el sobrecalentamiento durante operaciones continuas.

6. Sistema de Transmisión:

- Caja de Engranajes: Algunos aerogeneradores tienen una caja de engranajes para aumentar la velocidad del rotor antes de que llegue al generador.

- Sistema Directo: Otros utilizan sistemas de transmisión directa, eliminando la necesidad de una caja de engranajes.

7. Sistema de Frenado:

- Frenos Mecánicos: Se utilizan frenos mecánicos para detener el rotor en condiciones de viento excesivo o durante el mantenimiento.

- Frenos Aerodinámicos: Algunos aerogeneradores utilizan frenos aerodinámicos ajustando el ángulo de las palas para reducir la velocidad del rotor.

8. Sistema de Monitoreo y Control:

- Sensores y Sistemas de Monitoreo: Controlan la velocidad del viento, la temperatura, la vibración y otros parámetros cruciales para el rendimiento y la seguridad del aerogenerador.

- Sistema de Control Centralizado: Permite la supervisión y el control remoto del rendimiento de los aerogeneradores en un parque eólico.

Estas características son fundamentales para garantizar el rendimiento eficiente y seguro de un aerogenerador, ya sea en un sistema de generación eólica convencional o en un contexto de "aerogenerador auxiliar" que busca mejorar la adaptabilidad y la eficiencia en condiciones variables de viento.

6 FUNCIONAMIENTO

6.1 AEROGENERADOR ELÉCTRICO

Para este proyecto se implementó un aerogenerador eólico como podemos observar en la **Figura 1**, el cual alimenta un banco de baterías que está interconectado al sistema de resistencias del intercambiador de fluidos que alimenta los invernaderos de secado de pescado.



Figura 1. Aerogenerador

El aerogenerador eólico cuenta con las siguientes características:

- El generador adopta un motor síncrono trifásico de imanes permanentes de 600W/12V, de bajo ruido y larga vida útil.
- La carcasa exterior está diseñada para una rápida disipación del calor. Y el controlador MPPT externo le proporciona un rendimiento de seguimiento eficiente.
- La hoja está hecha de fibra de nylon, impermeable, a prueba de corrosión y ligera.
- La temperatura de soporte está disponible desde -40°C hasta 80°C .
- La velocidad de arranque del generador sólo necesita 2 m/s, y puede ajustar automáticamente la dirección para obtener la máxima velocidad del viento.

Los aspectos más importantes de este aerogenerador se pueden observar a detalle en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del aerogenerador eólico.

Modelo	FM1-600
Potencia nominal	600W
Poder máximo	615W
Tensión nominal	12V/24V
Velocidad del viento de puesta en marcha	2,0 m/s
Velocidad nominal del viento	11 m/s
Velocidad del viento de supervivencia	50 m/s
Número de cuchillas	5
Red principal	9.2
Diámetro de la rueda de viento	1,35m
Material de la hoja	Fibra de nailon
Tipo de generador	Generador de imanes permanentes de CA trifásico
Sistema de control	Electroimán
Temperatura de trabajo	-40 °C ~ 80 °C

Para generar energía eólica es necesario captar la fuerza del viento mediante un aerogenerador, cuando el viento sopla con suficiente intensidad, su fuerza activa las palas, cuyo movimiento activa un rotor el cual se encuentra en una estructura llamada góndola. El movimiento del rotor se transmite a una multiplicadora, que acelera su rotación y la transfiere al alternador, cuya función es transformar la energía mecánica en electricidad.

La energía eólica es una fuente de energía renovable, es inagotable y reduce el uso de combustibles fósiles, origen de las emisiones de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Es importante recalcar que la energía eólica no emite sustancias tóxicas ni contaminantes del aire, no genera residuos ni contaminación del agua que pueden ser muy perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano.

Un aerogenerador convierte la energía cinética en mecánica que después se convierte en energía eléctrica mediante un generador. Una de las ventajas que nos ofrece implementar un aerogenerador eólico a un sistema fotovoltaico es que durante la noche o días nublados donde la radiación del sol no llega a ser suficiente para producir energía mediante las celdas fotovoltaicas, tenemos las corrientes de viento, el cual hace funcionar al aerogenerador y por ende el sistema seguiría produciendo carga. Esta es una de las tantas ventajas que nos ofrece realizar un sistema mixto, el cual puede funcionar con radiación solar o con viento.



Figura 2. Aerogenerador instalado en la facultad de ingeniería UAC.



Figura 3. Secador tipo invernadero instalado la facultad de ingeniería UAC.

7 INSTALACIÓN DE UN AEROGENERADOR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA UAC.

La energía es un factor indispensable para el desarrollo y el progreso de una sociedad. En cualquier escenario que se considere, el aumento del producto interior bruto siempre ha ido ligado a un aumento del consumo de energía. Actualmente son varios los retos en este campo a los que nos enfrentamos.

En primer lugar, se debe garantizar la seguridad del abastecimiento, el aumento del nivel de autoproducción para lograr mayor independencia energética y un incremento de la diversificación de fuentes energéticas, para conseguir una menor dependencia de los combustibles fósiles y en particular del petróleo.

En segundo lugar, es necesaria la utilización de tecnologías que permitan, a través del ahorro y eficiencia energética y del uso de energías no emisoras de gases de efecto invernadero, la

reducción de sus emisiones para el cumplimiento de los compromisos adquiridos en este campo.

No hay que olvidar que estos objetivos deben alcanzarse mediante cambios tecnológicos que no impliquen unos costes económicos de la energía que puedan poner en riesgo la viabilidad de este tipo de tecnologías energéticas. En consecuencia, las nuevas tecnologías energéticas tienen que guiarse por los principios de la economía de costes y de la competitividad técnica y económica respecto a las energías convencionales, además de los puramente energéticos y medioambientales.

La instalación de un aerogenerador es un proceso que implica la construcción y montaje de una estructura capaz de aprovechar la energía del viento para generar electricidad. Los aerogeneradores consisten en varias partes clave, como las palas, el generador y la torre. Dicha instalación comienza con la preparación del terreno, que implica la nivelación y el estudio de los vientos dominantes en la zona.

Se construye la base de la torre, que suele ser de hormigón para garantizar su estabilidad. Una vez que la base está lista, se procede a erigir la torre, que puede tener una altura variable, dependiendo de la capacidad del aerogenerador. Después de la instalación de la torre, se lleva a cabo el montaje de las palas, que son responsables de capturar el viento y convertirlo en energía cinética. Las palas se unen al buje, que es una pieza que se conecta al eje del generador.

Una vez que todas las partes están correctamente montadas y conectadas, se realizan las pruebas necesarias para asegurarse de que el aerogenerador funcione correctamente. Finalmente, se conecta el aerogenerador a la red eléctrica para que pueda comenzar a generar electricidad limpia y renovable.

8 DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN

1.-Selección del Sitio: Se identifica un emplazamiento adecuado dentro de las instalaciones escolares para la instalación del aerogenerador. Se consideran factores como la dirección del viento, la presencia de obstáculos cercanos y la accesibilidad para la instalación. Inicialmente se había considerado una parte de la explanada, sin embargo, el lugar no fue el idóneo para realizar las conexiones pertinentes, por lo que en la misma explanada se designó un lugar más cercano a la caja de conexiones de los módulos fotovoltaicos, prácticamente al colocar el aerogenerador estaríamos haciendo que el sistema de captación de energía fuese híbrido.

2.-Instalación de la Base: Se procede a colocar y asegurar la base o cimentación del poste del aerogenerador en el área designada. Se verifica que la base esté nivelada y adecuadamente fijada al suelo. La base cuenta para su fijación tres macizos de concreto que tienen el peso suficiente para mantener al aerogenerador en posición sin que el tubo se mueva lo suficiente como para que ocurran accidentes, inicialmente se tenía planteado fijar el aerogenerador directamente al suelo, pero esto iba a ser contraproducente para el aerogenerador, pues este, posteriormente sería fijado en otro lugar de la facultad.

3.- Montaje del Aerogenerador: Se realiza el ensamblaje del aerogenerador, incluyendo la góndola, el rotor con las 5 palas y la cola para orientación. Se lleva a cabo la conexión de los cables del aerogenerador al mástil según las especificaciones del modelo. Lo anterior se puede observar en la ilustración 3 y 4. Previo al montaje lo que se hizo fue pasar los cables desde un punto en el tubo hasta la salida en la que se harían las conexiones del aerogenerador, al ser un aerogenerador trifásico no hubo problemas para designar colores en los cables, los tres fueron del mismo calibre, el proceso de conexión se puede observar en la ilustración 2.

4.-Ajuste de Componentes: Se efectúan ajustes a los componentes del aerogenerador, asegurando que todo esté alineado correctamente. Se verifica la conexión y el funcionamiento adecuado de los cables. Todo lo anterior con el fin de que al montar el sistema no haya errores y se tenga que repetir algún proceso en la marcha.

5.-Elevación del Aerogenerador: Se procede a elevar el aerogenerador y colocarlo en el poste o mástil previamente preparado. Se sigue rigurosamente las instrucciones del fabricante para el proceso de elevación. Para esto se necesitó colocar primero el tubo en la base y luego colocar el generador, después se procedió a la elevación.

6.-Conexión a la Red Eléctrica: Se conectan los cables salientes del aerogenerador al poste y al banco de pilas. Se realiza una verificación exhaustiva de la conexión eléctrica, asegurándose de que todo esté cableado correctamente, obsérvese la ilustración 6.

7.- Pruebas y Ajustes Continuos: Se llevan a cabo pruebas continuas para verificar que el aerogenerador esté produciendo energía de manera eficiente. Se realizan ajustes según sea necesario para optimizar el rendimiento del sistema.

8.- Monitoreo Continuo: Se establece un sistema de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del aerogenerador a lo largo del tiempo. Se enfatiza la importancia de cumplir con las normativas de seguridad y obtener las autorizaciones necesarias antes de llevar a cabo la instalación. Se subraya la necesidad de consultar siempre las especificaciones del fabricante del aerogenerador para garantizar un montaje correcto y seguro.

9 CONCLUSIONES

En conclusión, la instalación de un aerogenerador implica la construcción y montaje cuidadoso de varias partes y componentes para poder aprovechar eficientemente la energía del viento y generar electricidad de manera sostenible y limpia, favoreciendo aún más al desarrollo de las técnicas de energía renovable.

10 BIBLIOGRAFÍA

Baeschlin, V. (2023, 1 noviembre). *Los aerogeneradores* | *Transición energética*. Transición Energética. <https://www.transicionenergetica.es/energias-renovables/aerogeneradores/>

11 EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Ilustración 1. Instalación de los alabes



Ilustración 2. Conexiones entre los cables del aerogenerador y el mástil



Ilustración 3. Instalación del alabe a la góndola del aerogenerador



Ilustración 4. Ajuste de todos los componentes del erogenerador



Ilustración 5. Erguimiento del aerogenerador colocado en el poste



Ilustración 6. Conexión entre los cables salientes del aerogenerador y poste, con el banco de pilas



Ilustración 7. Fin de la Instalación