Limpiar formulario

Clave de la Propuesta	PPI- 052 - 23 - PI		
Puntos a considerar	**Si**	**No**	**Observaciones/Comentarios**
¿Se incluyen los datos de la **Portada** (licenciatura, título, modalidad, versión, declaratoria, firmas, etc.)?	✔		
¿La extensión del T**ítulo** es adecuada y sin abreviaturas?	✔		
¿El **Título** refleja de forma clara lo que se trabajará en el proyecto?	✔		
¿La **Introducción** describe en forma concisa el área de aplicación del proyecto?	✔		
¿Los **Antecedentes** sitúan el proyecto propuesto respecto a otros trabajos?	✔		
¿La **Justificación** describe la razón, relevancia o necesidad que origina el proyecto?	✔		
¿El **Objetivo General** es claro y tiene relación directa con el proyecto a realizar?	✔		
¿Los **Objetivos Particulares** se engloban en el objetivo general?	✔		
¿La secuencia de actividades que se presenta en la **Metodología** es congruente con los objetivos y permite que se alcancen éstos?	✔		
¿La **Descripción Técnica** presenta las especificaciones generales y particulares (materiales, dimensiones, normas, etc.), así como la explicación funcional de cada uno de los bloques del sistema a desarrollar?			No aplica
¿La **Normatividad** mencionada da un marco a la propuesta?	✔		
¿El **Cronograma de Actividades** señala con claridad las tareas a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto?	✔		
¿El proyecto es realizable en el tiempo propuesto?	✔		
¿Se encuentran indicados los **Entregables** dentro de la propuesta? ¿Se incluye explícitamente la entrega del **Reporte Final**?	✔		
¿Se incluyeron las **Referencias Bibliográficas** y estas cumplen con el formato solicitado?	✔		
¿La **Terminología** especifica del proyecto, que no es del conocimiento general en Ingeniería Mecánica, está claramente explicada?			No aplica
¿Se indican instalaciones, equipos y materiales que se requieren para realizar el proyecto?			No aplica
¿La propuesta tiene una redacción clara y sin faltas ortográficas?	✔		
¿El enfoque del trabajo corresponde a un proyecto de Ingeniería Mecánica?	✔		
Observaciones			

Estado de la propuesta	
● Autorizada ○ Revisada ○ No autorizada	Comité de Estudios de Ingeniería Mecánica

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración (PI): Evaluación y simulación mediante CFD de tres diferentes tipos de aerogeneradores.

Modalidad: Proyecto de Investigación.

Versión: Segunda.

Trimestre Lectivo: 23-O

Datos de los alumnos:

Nombre: Paniagua Ramos Javier Alonso Matricula: 2192044832

Correo electrónico: al2192044832@azc.uam.mx

Firma. _____

Nombre: Rueda Romero Dante Ángel Matricula: 2192042696

Correo electrónico: al2192042696@azc.uam.mx

Firma. _____

Nombre: Fernández González Víctor Lenin Matricula: 2192006369

Correo electrónico: al2192006369@azc.uam.mx

Firma. _____

Asesor:

Doctor Jorge Ramírez Muñoz.

Categoría: Titular.

Departamento: Energía

Teléfono: 5522137291

Correo electrónico: jrm@azc.uam.mx

Firma. _____

Co-asesor:

Doctor Valaur Ekbalam Márquez Baños.

Categoría: Asociado

Departamento: Procesos y Tecnología

Teléfono: 9611316559

Correo electrónico: vmarquez@cua.uam.mx

Firma. _____

Ciudad de México a 1 de febrero del 2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Fernández González Víctor Lenin

Paniagua Ramos Javier Alonso

Rueda Romero Dante Ángel

Dr. Jorge Ramírez Muñoz

Dr. Valaur Ekbalam Márquez Baños

1. Introducción.

La energía eólica es uno de los recursos energéticos renovables más prometedores para la generación de energía eléctrica y su aceptación ha experimentado rápidamente un crecimiento desde el año 2000. La clasificación más aceptable para las turbinas eólicas es según su eje de orientación: turbinas eólicas de eje horizontal HAWT (*Horizontal Axis Wind turbine*) y turbinas eólicas de eje vertical VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*).

Las HAWT son utilizadas en diferentes países para proyectos energéticos de mediana y gran escala, una parte considerable de las instalaciones comerciales alrededor del mundo se basan únicamente en estas turbinas. Sin embargo, no se reconocen como una opción viable para aprovechar la energía del viento en zonas urbanas, donde este es menos intenso, mucho más caótico y turbulento.

En cambio, las VAWT se proponen como una mejor opción para ciudades y áreas semiurbanas aisladas. De acuerdo con diferentes investigaciones, se han identificado varios atributos para el despliegue a gran escala de estas turbinas, por ejemplo: mejor rendimiento bajo viento débil e inestable, ausencia de problemas de ruido y seguridad, además de ser estéticamente más sólidas para la integración en área urbanas [1].

Ambos tipos de aerogeneradores verticales y horizontales tienen sus propias características en términos de eficiencia energética e instalación en diferentes tipos de áreas. Por esta razón, en el presente trabajo se examinará experimentalmente la eficiencia energética de tres aerogeneradores, uno horizontal y dos verticales con diferentes tipos de rotores (convencional, tipo Savonius y álabes basados en la proporción áurea). Además, por medio de simulación basada en dinámica de fluidos CFD (*Computational Fluid Dynamics*), se caracterizará el desempeño aerodinámico de estos con el objetivo de validar los resultados y obtener más información como las turbulencias, perfil aerodinámico y torque producido.

Con la finalidad de que el lector obtenga una imagen más clara de la estructura de un aerogenerador, en la siguiente figura es posible observar el diseño de una turbina tipo Savonius de 3 álabes [A] y de proporciones áureas [B], impresa en 3D con filamento de un material conocido como PETG.

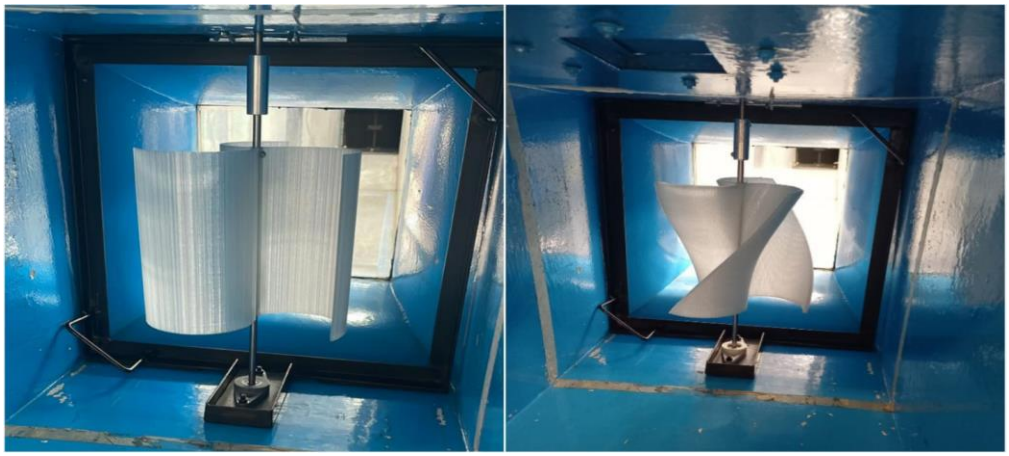

Figura 1. Aerogeneradores verticales: A) tipo Savonius. B) proporciones áureas.

2. Antecedentes.

En 2023, Jesús Ramírez Castillo, Hugo J Ávila Paredes, Valaur Ekbalam Márquez y Jorge Ramírez Muñoz, diseñaron y evaluaron por simulación CFD una turbina eólica vertical de proporciones áureas [1]. De este proyecto se tomará como base el diseño de la turbina eólica vertical con rotor basado en la proporción áurea.

En el año 2011 como trabajo de titulación, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey propone el “Diseño y construcción de un generador eólico tipo Savonius de eje vertical” en donde se trabaja como turbina del aerogenerador vertical el diseño de tipo Savonius [2]. De este trabajo puede usarse como base el diseño tipo Savonius como turbina.

En 2013, con el proyecto titulado “Análisis aerodinámico y estructural de un aerogenerador de eje horizontal” Gonzalo Anzaldo Muñoz representó a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en el tercer concurso de proyectos académicos organizado por el Instituto de Estudios Sanmiguelense de Estudios Superiores [3]. De este trabajo se utilizará la metodología aplicada para evaluar el desempeño aerodinámico de un aerogenerador horizontal por medio de simulación basada en dinámica de fluidos (CFD).

Gustavo Adolfo Estay Abiuso realizó la tesis que lleva por nombre “Estudio numérico mediante el teorema de Large Eddy Simulation de la turbulencia en un canal con lecho de grava”, en esta se presenta el estudio de las características de la turbulencia en un canal con lecho de grava [4]. De este proyecto se tomará como base el teorema Large Eddy Simulation para el estudio de la turbulencia en un túnel de viento.

Israel Cinta Ramírez realizó la tesis nombrada como “Análisis de la eficiencia de un generador eólico de baja potencia bajo diferentes niveles de vibración” [5]. De este proyecto se tomará como base la Ley de Betz para calcular cuanta energía cinética del viento es capaz de convertir en energía eléctrica cada una de los aerogeneradores.

Del libro “Ingeniería de la Energía Eólica” [6] se utilizarán los fundamentos teóricos con los cuales se describirá el comportamiento de los aerogeneradores, así como su desempeño teórico.

3. Justificación.

En zonas urbanas resulta sumamente difícil la instalación de aerogeneradores horizontales, ya que estos presentan un gran impacto visual y gran emisión de ruido con respecto a los aerogeneradores verticales. Por otra parte, los aerogeneradores verticales han resultado ser más aceptables en áreas urbanas, ya que estos dispositivos son más compactos y pueden ubicarse en espacios urbanos, aprovechando las infraestructuras existentes. Por las razones antes mencionadas, se evaluará la eficiencia energética de los aerogeneradores propuestos con la finalidad de determinar cuál de estos presenta el mejor rendimiento con relación a su configuración y condiciones de operación.

4. Objetivos.

Objetivo general:

Determinar la eficiencia energética de un aerogenerador horizontal y dos verticales en el túnel de viento instalado en el laboratorio de termofluidos.

Objetivos particulares:

Evaluar experimentalmente la eficiencia energética de los aerogeneradores verticales: tipo Savonius y de proporciones áureas, el horizontal de tres aspas.

Caracterizar mediante CFD el desempeño aerodinámico de cada uno de los aerogeneradores tanto verticales como el horizontal.

Comparar los resultados que nos proporcionan las simulaciones con las mediciones experimentales.

5. Metodología.

I) Simulación:

Mediante la caracterización física de los aerogeneradores, y el uso de software, se simulará el comportamiento del fluido, y de esta forma se obtendrá datos sobre el su desempeño aerodinámico.

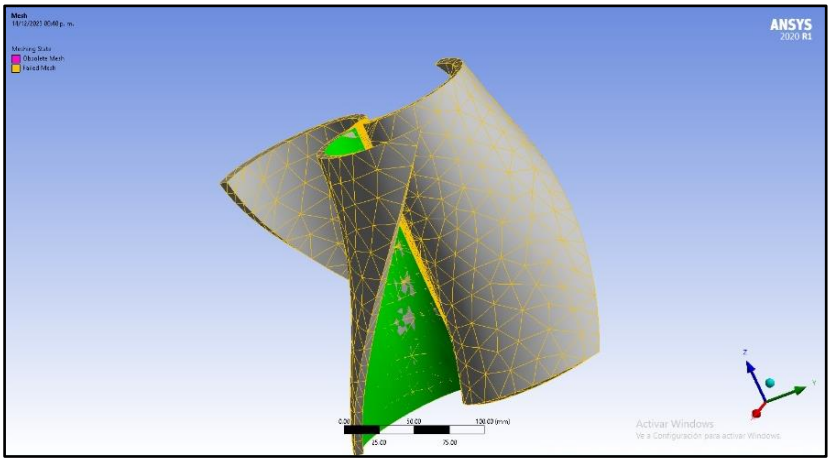

Figura 2. Aerogenerador de proporciones áureas, mallado

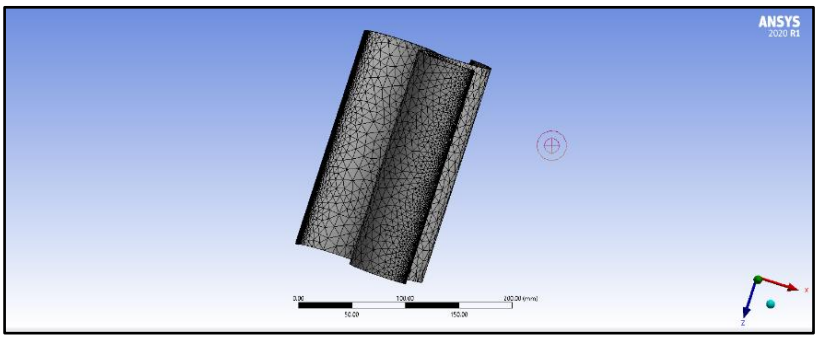

Figura 3. Aerogenerador tipo Savonius, análisis de mallas

II) Experimentación:
Se evaluará el efecto de la velocidad del viento para los dos diseños de aerogeneradores verticales y el aerogenerador horizontal.

III) Análisis de resultados:
Se formarán gráficas utilizando las lecturas obtenidas mediante experimentación en el túnel de viento, comparando la velocidad del aire contra la energía eléctrica que es capaz de generar. Esto con la finalidad de generar una curva que permita caracterizar el comportamiento de cada aerogenerador.

IV) Descripción matemática del comportamiento:
Se determinará matemáticamente la eficiencia energética de cada uno de los aerogeneradores, la cual se comparará con los resultados obtenidos mediante el análisis experimental.

V) Análisis final:
Se compararán los resultados experimentales con los teóricos.

VI) Validaciones:
Las simulaciones numéricas se validarán con datos experimentales de torque previamente realizados en otros proyectos del mismo grupo de trabajo.

6. Normatividad

IEC 61400-2:2013, Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines.

Norma perteneciente a "*The International Electrotechnical Commission*". Indica la normatividad entorno a la operación de aerogeneradores pequeños [7].

IEC 61400-12:2022, Wind energy generation systems – Part 12: Power performance measurements of electricity producing wind turbines.

Define los procedimientos para evaluar las características de eficiencia energética de las turbinas eólicas [8].

NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas.

Norma Oficial Mexicana que establece los lineamientos que deben de satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de energía eléctrica [9].

ASTM STP47765S, Techniques for Predicting Cladding Design Wind Pressures, Topic: CFD

Esta norma, tiene un apartado sobre el uso el CFD en los túneles de viento, indica parámetros a considerar en el uso de CFD [10].

7. Cronograma de actividades.

UEA para la(s) que se solicita(n) autorización.

✓	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I
	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II
	Introducción al trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica

	Actividades del trimestre 24-I	**Semana**											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Generar geometrías y mallas computacionales.	x	x	x									
2	Simular mediante CFD el desempeño aerodinámico.			x	x	x							
2	Experimentar en el túnel de viento.					x	x	x					
3	Analizar la eficiencia energética.						x	x					
4	Describir matemáticamente la eficiencia energética.							x	x				
5	Comparar las simulaciones contra los datos experimentales.								x	x	x		
6	Revisar el reporte junto con el asesor y co-asesor.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
7	Elaborar y entregar el reporte final.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

8. Entregables.

Reporte final.

9. Referencias bibliográficas.

[1] J. Ramírez Castillo, H. J. Ávila-Paredes, V. E. Márquez Baños, J. Ramírez Muñoz, 2021, "Diseño de una turbina eólica vertical de proporciones áureas y su evaluación por simulación CFD," en Congreso Internacional de Energía, pp. 4, ID: CIE2023-000.

[2] A. D. Crespo Cuesta, 2011, “Diseño y construcción de un generador eólico tipo Savonius de eje vertical,” Tesis de Maestría, Instituto de Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México.

[3] G. Anzaldo Muñoz, 2013, “Análisis aerodinámico y estructural de un aerogenerador de eje horizontal”, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

[4] G. A. Estay Abiuso, 2019, “Estudio numérico mediante Large Eddy Simulation de la turbulencia en canales con lecho de grava,” Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[5] I. C. Ramírez, 2021, “Análisis de la eficiencia de un generador eólico de baja potencia bajo diferentes niveles de vibración,” Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México,

[6] M. Villarrubia, 2013, “Ingeniería de la energía eólica,” Alfaomega.

[7] IEC, 2013, “Wind turbines – Part: 2: Desing requirements for small wind turbines”, 61400-12:2013.

[8] IEC, 2022, “Wind energy generation systems – Part. 12: Power performance measurements of electricity producing wind turbines”, 61400-12:2022.

[9] NOM, 2012, “Instalaciones eléctricas”, NOM-001-SEDE-2012.

[10] ASTM, 2000, “Techniques for Predicting Cladding Design Wind Pressures”, STP47765S

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

UAM Azcapotzalco, Laboratorio de Termofluidos.

UAM Azcapotzalco, Laboratorio de Modelado Matemático y Dinámica de Fluidos Computacional.

12. Asesoría Complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Presentación del trabajo en un congreso nacional especializado.

Evaluación y simulación mediante CFD de tres diferentes tipos de aerogeneradores			
Página	**Comentario del CEIM**	**Página**	**Acción realizada en la PPI**
4	Analizar si la palabra “ostenta” es la mas adecuada para la redacción de la justificación.	4	Se sustituye la palabra “ostenta” por “presenta”.
7	Analizar si la palabra “evaluar” es la más adecuada para la redacción de la quinta actividad del cronograma.	7	Se sustituye la palabra “evaluar” por “comparar”.
7	Cambiar el orden de la sexta y séptima actividad del cronograma de actividades.	7	Se cambia el orden de las actividades para darle mayor congruencia al cronograma de actividades.
7	Todas las actividades deben estar redactadas en infinitivo.	7	Se sustituye la palabra “revisión” por “revisar” (sexta actividad).
7	Aplicar la misma alineación a toda la columna de actividades.	7	Se ajusta la alineación de toda la columna de actividades.