

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Aerodinámica
Clave de la asignatura:	EEF-2001
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
En esta materia el alumno obtendrá un conocimiento sólido de los principales conceptos que se utilizan en aerodinámica así como de los métodos clásicos para el cálculo de las fuerzas relacionadas a objetos inmersos en fluidos en movimiento.
Intención didáctica
<p>El programa de esta asignatura está conformado por cuatro unidades. En la primera unidad se aborda una introducción general a las variables fundamentales de la aerodinámica, los parámetros adimensionales más comunes, el diagrama de Moody y las operaciones vectoriales comúnmente utilizadas en Aerodinámica gradiente, divergencia y rotacional. En la segunda unidad se abordará el comportamiento del flujo inviscido e incompresible, se aplican las ecuaciones de continuidad, Bernoulli, momentum y energía en el análisis de flujo isentrópico.</p> <p>En la tercera unidad se enfoca en el estudio de los túneles de viento subsónicos de baja velocidad y la medición de la velocidad del aire. Se analizan los flujos incompresibles, compresibles subsónicos y supersónicos, finalmente se detalla el estudio sobre la capa límite laminar, turbulenta, la zona de transición y la zona donde ocurre la separación del flujo.</p> <p>En la cuarta unidad, se introducirá al alumno al conocimiento de los perfiles aerodinámicos, determinará de manera teórica los valores de sustentación, arrastre y coeficiente de momentos y coeficiente de presión de perfiles aerodinámicos comúnmente utilizados en los rotores de aerogeneradores para el aprovechamiento de la energía eólica.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de la Laguna, Septiembre 2020.	M. C. Samuel Ríos Quintana.	Revisión y actualización de la especialidad de Energía Eólico-Solar del programa de Ingeniería en Energías Renovables, 2020.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los tipos de aerogeneradores y las principales características de éstos. • Conocer los principales subsistemas mecánicos de un aerogenerador y la manera en que se lleva a cabo su interacción. • Entender del comportamiento de los flujos compresibles e incompresibles. • Cálculo de las fuerzas y momentos presentes en un aerogenerador.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el cálculo diferencial: funciones, derivadas. • Aplicar el cálculo integral: métodos de integración y aplicaciones de la integral. • Aplicar conocimientos de mecánica de fluidos: ecuación de continuidad, ecuación de Bernoulli. • Aplicar conocimientos de ecuaciones diferenciales: solución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la aerodinámica	1.1 Desarrollo histórico. 1.2 Clasificación y práctica de la Aerodinámica. 1.3 Variables fundamentales en Aerodinámica. 1.4 Propiedades de los fluidos. 1.5 Parámetros adimensionales, Número de Reynolds.

		<p>1.6 El diagrama de Moody.</p> <p>1.7 Velocidad del sonido.</p> <p>1.8 Operaciones vectoriales (grad-div-rot).</p>
2	Flujo invíscido e incompresible	<p>2.1 Aerodinámica básica.</p> <p>2.2 Ecuación de continuidad.</p> <p>2.3 Flujo compresible e incompresible</p> <p>2.4 Ecuación de momentum.</p> <p>2.5 Termodinámica elemental.</p> <p>2.6 Flujo isentrópico.</p> <p>2.7 Ecuación de la energía.</p> <p>2.8 Sustentación alrededor de un cilindro circular.</p> <p>2.9 Teorema de Kutta-Joukowski.</p>
3	Flujo incompresible sobre perfiles aerodinámicos	<p>3.1 Túneles de viento subsónico de baja velocidad.</p> <p>3.2 Medición de la velocidad del aire.</p> <p>3.3 Flujo incompresible.</p> <p>3.4 Flujo compresible subsónico.</p> <p>3.5 Flujo supersónico.</p> <p>3.6 Capa límite laminar.</p> <p>3.7 Capa límite turbulenta.</p> <p>3.8 Transición.</p> <p>3.9 Separación de flujo.</p>
4	Flujo incompresible sobre alas finitas	<p>4.1 Nomenclatura de perfiles aerodinámicos.</p> <p>4.2 Sustentación, arrastre y coeficiente de momentos.</p> <p>4.3 Datos del perfil.</p> <p>4.4 Alas finitas Vs alas infinitas</p> <p>4.5 Coeficiente de presión.</p> <p>4.6 Compresibilidad y corrección del coeficiente de sustentación.</p> <p>4.7 Número de Mach crítico y coeficiente de presión crítico.</p> <p>4.8 Alas finitas.</p> <p>4.9 Determinación de arrastre inducido.</p> <p>4.10 Alas barridas y formas de alas.</p> <p>4.11 Dispositivos hipersustentadores.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Introducción a la aerodinámica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprender de manera general el funcionamiento aerodinámico de los aerogeneradores. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicar los principios de la Mecánica de Fluidos. <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. <p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo. Compromiso ético. Capacidad crítica y autocrítica 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar los principios de la mecánica de fluidos para la determinación de las variables fundamentales de la Aerodinámica como son, presión, densidad, velocidad y temperatura para definir un campo de flujo. Investigar los números adimensionales mayormente utilizados en Aerodinámica, Número de Reynolds, Número de Mach, Nusselt, Rayleigh, etc. Comprender la importancia de las aplicaciones de la Aerodinámica en el aprovechamiento de la energía eólica. Analizar y aplicar las herramientas del cálculo vectorial: gradiente, divergencia y rotacional utilizados comúnmente en Aerodinámica, .
Tema 2. Flujo invíscido e incompresible	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Entender el funcionamiento de cada una de las interacciones de los fluidos. <p>Genéricas:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. <p>Competencias interpersonales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo. Capacidad crítica y autocrítica 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar y aplicar las ecuaciones fundamentales del movimiento de fluidos en la solución de problemas de dinámica de fluidos incompresibles. Plantear y discutir la solución de problemas de aplicación de movimiento de fluidos. Aplicar las ecuaciones para la solución de problemas de flujo isentrópico.

	<ul style="list-style-type: none"> Investigación y exposición de la sustentación alrededor de un cilindro circular.
Tema 3. Flujo incompresible sobre perfiles aerodinámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Entender el funcionamiento y la importancia de los túneles de viento en la determinación del comportamiento de los fluidos. <p>Genéricas:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> Plantear y discutir la solución de problemas de flujos incompresibles, subsónicos compresibles y supersónicos. Interpretar y analizar en el grupo a través de una lluvia de ideas, la solución de problemas de variables de flujo en túneles de viento. Ver diferentes puntos de vista sobre cómo influyen los fluidos en los perfiles aerodinámicos.
Tema 4. Flujo incompresible sobre alas finitas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Entender el funcionamiento de los flujos incompresibles sobre alas finitas <p>Genéricas:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo una investigación sobre los perfiles aerodinámicos mayormente utilizados en aerogeneradores e integrar una base de datos. Desarrollar y aplicar las ecuaciones para determinar las magnitudes de sustentación, arrastre, coeficiente de momentos y coeficiente de presión. Plantear y discutir la solución de problemas de arrastre inducido de perfiles aerodinámicos.

8. Práctica(s)

- Determinación de las propiedades de los fluidos comúnmente utilizados en Aerodinámica.
- Medición de las variables fundamentales de la Aerodinámica, presión, densidad, velocidad y temperatura.
- Medición de la velocidad del sonido.
- Validación de las ecuaciones de continuidad, Bernoulli, momentum y energía para flujos incompresibles.
- Validación del Número de Reynolds en el túnel de viento.
- Visualización de las líneas de corriente de un fluido sobre un perfil aerodinámico.
- Emulación en programa QBlade, para reforzar los conocimientos adquiridos de Aerodinámica.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

1. Anderson, J. D. Jr., Fundamentals of aerodynamics, Mc Graw Hill, 2001.
2. Burton, T., Wind Energy Handbook, Wiley and Sons, Ltd. Publications, 2011.
3. Bertin, J. J., Smith, M. L., Aerodynamics for engineers, Prentice Hall, 2001.
4. Houghton E. L., Carpenter P. W., Aerodynamics for engineering students, Butterworth Heinemann, 2003.
5. Hansen, O. L. M., Aerodynamics of wind turbines, Earthscan, 2008.
6. Katz, J., Plotkin, A., Low-speed aerodynamics, Mc Graw Hill, 1991.
7. David Wood, Small Wind turbines Analysis, Design and application, Springer 2011
8. C. Lindenburg, Program for horizontal axis wind turbine analysis and simulation.
9. Ordoñez, Carlos., Aerodinámica Vol 1, 2, 3, 4. UTEHA.