



Programa de la asignatura:

Mecánica de medios continuos

U3

Modelos matemáticos y sus aplicaciones en energías renovables





Índice

Presentación de la unidad	3
Competencia específica.....	6
Propósitos.....	6
3.1. Modelos matemáticos	7
3.2. Energías renovables	9
Cierre de la unidad	12
Fuentes de consulta	13



Presentación de la unidad



Fluidos. Retomado de <https://www.flickr.com>

Aunque te des cuenta o no, las fuentes renovables de energía son abundantes en el Planeta, la única barrera que se tiene es la propia creatividad para poder explotar esta riqueza prácticamente infinita. Aunque se está en el comienzo de entender todo esto y de utilizar una pequeña parte de la riqueza infinita, ya un 20% del consumo global de electricidad tiene origen hidráulico. Este es un logro muy grande, pero todavía falta mucho para poder trabajar con las demás fuentes: la energía solar ofrece solo un 0.05%, la energía eólica representa un 0.5%, la energía geotérmica representa un porcentaje de 1.5% y la biomasa ofrece un 5.5% del consumo mundial de electricidad. Los números dan el entero panorama sobre la posición en la explotación de las fuentes de energía renovable y la conclusión es que queda muchísimo por hacer, lo que representa una oportunidad muy grande de desarrollo personal y profesional para todos ustedes.



La presente unidad realiza una conexión entre los modelos teóricos complejos de la materia de mecánica de medios continuos y el área de energías renovables. Los documentos de la unidad ofrecen una síntesis sobre la manera de aplicar el conocimiento teórico en la práctica, pero también una visión actual sobre las necesidades como sociedad. Un 80% de las necesidades energéticas de la sociedad giran alrededor de la industria, la climatización de los edificios y el transporte, así como una gran parte de estas necesidades podrían resolverse con la ayuda de las energías renovables, pero la realidad es que los porcentajes de uso de energías renovables son muy bajos. En España, por ejemplo, las energías renovables representan un 19.8% del total de energía eléctrica producida. Para España, el año 2007 fue el año cuando la cantidad de electricidad producida con energías renovables superó a la de origen nuclear, para Estados Unidos fue el 2011 y el porcentaje de las energías renovables representan solo un 11.73% del total de energía generada en el país. Los estudios científicos muestran que se estima que para el 2030 el porcentaje de la energía generada con fuentes renovables va a crecer por lo menos a un 41%, pero para poder alcanzar este porcentaje se necesita un cambio de mentalidad y este cambio se tiene que hacer con todos ustedes, no solamente las grandes corporaciones productoras de energía. Se puede alcanzar un crecimiento de los porcentajes de uso de energías renovables solo con la ayuda conjunta del desarrollo tecnológico y de los compromisos políticos. El campo de la energía solar, que es una fuente verdaderamente infinita, es el campo donde hay más necesidad de desarrollo. Mediante los documentos y las actividades desarrolladas en la tercera unidad del curso, se presentan también las controversias, las polémicas actuales sobre la inclusión de la incineración (dentro de la generación de energía con el uso de la biomasa) y de la energía hidráulica a grandes escalas como energías verdes, por el impacto ambiental negativo que tienen, aunque si son fuentes de energías renovables. La energía nuclear también es fuente de debate, porque aun no generando gases de emisión, genera desechos radioactivos que son difícil de manejar y destruir. Muchas de las organizaciones ecologistas consideran que el impacto sobre el ambiente de este tipo de energías, incluyendo la eólica, es devastador, hablando de una contaminación paisajística y de la destrucción de la fauna y flora. El círculo vicioso donde se encuentra la humanidad es que para tener un costo bajo de este tipo de energías se necesita un uso masivo de los dispositivos que usan energías renovables, para poder bajar los costos económicos. Pero hacer esto aumentan los costos ecológicos y todavía no se está seguro si destruyendo el ambiente se hace un bien mayor a largo plazo, aunque los costos económicos a corto plazo si bajarían muchísimo.

Ustedes, por medio del conocimiento teórico y práctico de los modelos de mecánica del medio continuo presentados en la unidad 3, van a tener todas las herramientas teóricas y prácticas para poder decidir la dirección que se tiene que tomar como sociedad en la cuestión de uso de energías renovables.



La última unidad del curso de mecánica del medio continuo ofrece una síntesis de todo el conocimiento del curso, con enfoque en el manejo tensorial de los sólidos y los fluidos, con aplicaciones específicas para el área de energías renovables. Empezando con el desarrollo del tensor de las tensiones para el manejo de los sólidos y llegando a la cinemática y dinámica de los fluidos, la última parte del curso se cierra con una parte de análisis y síntesis de aplicaciones de los conceptos teóricos en el área de energías renovables.

Los modelos matemáticos utilizados alcanzan su máxima complejidad, permitiendo un manejo profesional de los conceptos de tensores, enfocándose tanto en la parte teórica como en la parte de aplicaciones en el área de energías renovables, precisamente en el manejo de la energía eólica, geotérmica, hidroeléctrica, solar y la biomasa.



Competencia específica



Unidad 3

Modela fenómenos físicos para su aplicación en fenómenos de transporte en sistemas de energías renovables mediante la utilización de la estática y dinámica de la mecánica de medios continuos.

Propósitos

Formular problemas relativos a la mecánica del medio continuo, para convertirlo en planteamientos matemáticos y así obtener soluciones aplicadas en el diseño y modelos de sistemas de energía renovable.



3.1. Modelos matemáticos

La descripción de los sólidos, del punto de vista de la mecánica del medio continuo tiene como base la consideración del tipo de fuerzas que pueden actuar sobre el medio continuo. Se toman en consideración dos tipos de fuerzas, las másicas y las de superficies (superficiales).

Las fuerzas másicas son las fuerzas que se propagan y actúan a distancia sobre las partículas del medio considerado continuo. Un ejemplo de este tipo de fuerzas son las fuerzas de gravitación, las fuerzas inerciales, las fuerzas electromagnéticas. Para determinar la descripción espacial de un campo vectorial de las fuerzas másicas por la unidad de masa, se toma en cuenta la $\mathbf{b}(\mathbf{x}, t)$ como el vector de las fuerzas másicas y la densidad ρ . La multiplicación entre estos dos términos determina la densidad de las fuerzas másicas, el vector de fuerzas másicas por la unidad de volumen. Se calcula también la resultante total de las fuerzas másicas que $\mathbf{f}_V$ actúan sobre un cierto volumen V , por medio de la integral volumétrica de la densidad de las fuerzas másicas. En este tipo de determinaciones, en la definición de las fuerzas volumétricas se postula la existencia del vector de la densidad de las fuerzas másicas $\rho\mathbf{b}(\mathbf{x}, t)$. El significado de este hecho es que para una secuencia arbitraria de volúmenes ΔV_i que pueden contener la partícula P_i y una secuencia arbitraria correspondiente de fuerzas másicas $\mathbf{f}_{\Delta V_i}$ está definida la densidad de las fuerzas másicas, $\rho\mathbf{b}(\mathbf{x}, t)$, que es un límite y es independiente del orden de la secuencia de los volúmenes tomados en cuenta.

Las fuerzas superficiales actúan en la frontera del volumen del medio continuo con el medio exterior tomado en cuenta y se considera que son resultado de las acciones de contacto de las partículas correspondientes.

Las fuerzas de superficie se definen tomando en cuenta la existencia del vector de fuerzas superficiales por la unidad de superficie $\mathbf{t}(\mathbf{x}, t)$ (lo que se llama el vector de tracción). Se toma en cuenta una secuencia de superficies ΔS_i que contienen el punto de interés P y las fuerzas superficiales correspondientes, $\mathbf{f}_{\Delta S_i}$. El vector de fuerzas superficiales por la unidad de superficie $\mathbf{t}(\mathbf{x}, t)$ que es un límite existe y es independiente de la secuencia arbitraria de las superficies tomadas en cuenta.

Para poder definir el tensor de las tensiones se tienen que entender los dos postulados de Cauchy.

- ❖ El primer postulado de Cauchy determina que el vector de tracción que actúa en un punto P del medio continuo según un plano de normal unitaria $\mathbf{n}$, depende solo



del punto P y de la normal $\mathbf{n}$. En acuerdo con el primer postulado Cauchy, los vectores de tracción en el punto P coinciden. Al contrario, si las normales a las superficies en P son distintas, los correspondientes vectores de tracción ya coinciden.

- ❖ El segundo postulado de Cauchy es el principio de acción – reacción y determina que el vector de tracciones en un punto P del medio continuo, en acuerdo con un plano de normal unitaria $\mathbf{n}$, es igual y de sentido contrario al vector de tracciones en el mismo punto P .

Tomando en cuenta la aplicación de la segunda ley de Newton al medio continuo, por medio de la generalización para el medio continuo como un conjunto de sistemas discretas constituidas de un número infinito de partículas, se realiza la construcción del tensor de tensiones de Cauchy. Durante el proceso de construcción del tensor de tensiones de Cauchy, se toman en cuenta los vectores de tracción en los tres planos coordenados que pasan por el punto P . Se observa que el tensor de tensiones contiene la información sobre los vectores de tracción correspondientes a cualquier plano (identificado por su normal $\mathbf{n}$) que pasa por el punto correspondiente.

Las representaciones gráficas del tensor de tensiones es una práctica frecuente. Las representaciones están basadas en paralelepípedos elementales alrededor de la partícula considerada, con caras orientadas a los tres planos coordenados, los correspondientes vectores de tracción descomponiéndose vectorialmente en sus componentes normal y tangencial al plano.

La siguiente parte de la unidad 3 continua con la mecánica de fluidos, presentándose los conceptos y los principios bases para las ecuaciones desarrolladas para la cinemática y dinámica de un fluido en movimiento. Se llegan a desarrollar las ecuaciones para un fluido Newtoniano y las ecuaciones de Navier-Stokes. Una vez introducidas las ecuaciones generales, se realice la especialización a casos aplicados en energías renovables, para ayuda a fijar los conceptos teóricos. De esta manera se impide que la presentación de los conceptos se quede abstracta, la relación con las aplicaciones siendo una parte importante en el desarrollo del material de la unidad 3. El material es especialmente desarrollado para que pueda ser asimilado en un lapso de tiempo relativamente corto.



3.2. Energías renovables

Los materiales presentados en la segunda parte de la unidad 3 revisan las fuentes naturales inagotables o que tienen la calidad de autogeneración. De todas las energías renovables, los documentos y las actividades correspondientes a esta parte se centran en los siguientes: la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, solar y la biomasa.

En el área de energías renovables hay una diversidad y una abundancia impresionante de fuentes de energía. La gran ventaja de las energías renovables es que no producen emisiones contaminantes, al contrario, con las actuales fuentes de energía.

También es importante concienciar que hay algunos sistemas de energías renovables que generan problemas ecológicos. Por ejemplo, los aerogeneradores peligrosos para los pájaros, tal como las centrales hidroeléctricas son barreras para la emigración de los peces, lo que generan desequilibrios ecológicos que afectan al medio ambiente. Es muy importante que conozcan las partes positivas de los hechos relacionados con el área de energías renovables, pero igual de importante es el conocimiento de la parte que tiene un impacto negativo sobre el desarrollo de la sociedad humana. El manejo de las ecuaciones del medio continuo no son manejo de matemáticas sin sentido y sin implicaciones éticas, estas ecuaciones son herramientas poderosas que pueden ser muy peligrosas, tan peligrosas como su uso en el desarrollo de centrales nucleares. El último accidente nuclear de Fukushima es una muestra sobre las implicaciones de las ecuaciones de mecánica del medio continuo.



Algunas fuentes de energía renovable proporcionan una energía de baja intensidad, distribuida sobre superficies grandes y no es posible su almacenamiento. Para poder utilizarlas se necesitan nuevos conceptos sobre las centrales eléctricas. Por ejemplo, cada persona de los países europeos consume 1000 Kw. de electricidad al año. Para generar su propia electricidad, cada persona necesita 8 m² de paneles fotovoltaicos con



un rendimiento energético medio de 12.5%, lo que es un rendimiento bajo. Los costos de los paneles fotovoltaicos representan una inversión que se recupera en muchos años, por eso todavía no hay muchas personas que pueden autogenerar su electricidad. Estos son problemas que se resuelven manejando tensorial de la mecánica de los medios continuos. Pero para resolver un problema de los muchos del área de energías renovables hay que identificarlas por primera vez.



Antes de invertir en cualquier dispositivo, antes de verificar la viabilidad económica, se tiene que verificar la viabilidad física de una fuente energética renovable y el conocimiento adquirido durante el curso ayuda exactamente en este sentido. La viabilidad económica de las fuentes de energías renovables es una barrera importante en el desarrollo a grande escala de las fuentes renovables, además de la viabilidad física.

La energía eólica tiene también un problema por la falta de constancia de la fuente, a veces hay exceso de viento, a veces hay falta de viento. Esto sin hablar del impacto ambiental de los parques eólicos, el paisaje se transforma de manera brutal, la fauna y flora se destruyen, el ruido es muy impactante, la interferencia electromagnética es un efecto perturbador.



Las centrales hidroeléctricas son la fuente de energía renovable que ofrece el porcentaje más grande de producción de energía eléctrica, se llega a un 20% del total de energía



producida mundialmente. Entre las ventajas de usar este tipo de fuente de energía renovable son los costos bajos de mantenimiento, la duración de la obra, la eficiencia de la maquinaria utilizada no requiere combustible, no contamina con gases u otros productos. Como siempre, hay también desventajas, como el costo muy alto de la inversión, la energía resultada puede ser fluctuante, dependiendo del débito de agua y el paisaje cambia de manera drástica, la fauna y la flora son afectadas. El gran reto de los ingenieros en ingeniería renovable es como disminuir o eliminar las desventajas del uso de las centrales hidroeléctricas. Este es un tema donde se necesita muchísima creatividad.



Queda bastante claro que en el área de energías renovables hay bastantes áreas de oportunidad, hay que desarrollar muchísimos conceptos nuevos y los modelos teóricos son lejos de cumplir las necesidades prácticas. Hay una necesidad muy grande de creatividad y desarrollo en el área de energías renovables y es un campo que apenas está empezando. Los conocimientos adquiridos en esta parte de la unidad aseguran una base muy sólida para el futuro desarrollo del área de energías renovables.



Cierre de la unidad

La última unidad del curso ofrece una visión compleja y completa sobre los últimos avances en la modelación matemática en el área de mecánica del medio continuo, ofreciendo tanto conocimientos teóricos sobre el manejo del tensor de tensiones para sólidos, sobre la cinemática y dinámica de fluidos, como también conocimientos prácticos que reflejan la aplicación del conocimiento teórico en la actualidad. Tendrán la visión sobre el uso de los modelos matemáticos en definir la vida tecnológica actual. Todas las teorías de la materia de mecánica del medio continuo tienen aplicaciones prácticas que cambiaron el nivel de vida, ofreciendo la seguridad enfrente de las fuerzas de la naturaleza y también la posibilidad de usar estas fuerzas y transformarlas en fuentes de energías renovables.

La unidad ofrece una visión completa y compleja sobre la problemática de las aplicaciones de las modelaciones matemáticas en el área de energías renovables, presentando la situación actual del desarrollo de las energías renovables, en conexión con el desarrollo de la modelación matemática, las ventajas y las desventajas de las mismas, los círculos viciosos generados.

La unidad se cierra con una actividad integradora donde se sintetiza todo el conocimiento del curso para entender en profundidad la parte teórica de la modelación matemática utilizada en la materia de mecánica del medio continuo y sus implicaciones prácticas. Finalizarán el curso agregando elementos de complejidad y finalizando su trabajo en la simulación de un dispositivo de energías renovables, utilizando el software EJS.



Fuentes de consulta



1. Heinbockel, J. H. (1996). *Introduction to Tensor Calculus and Continuum Mechanics*. Norfolk, Virginia: Old Dominion University.
2. Olivella, X. O., & Saracíbar Bosch, C. A. (2002). *Mecánica de Medios Continuos para Ingenieros*. (2nd ed.). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
3. Pasinato, H. D. (2008). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. Buenos Aires: UTN.
4. William, K. J. (2002). *Constitutive Models for Engineering Materials*. (3 ed., Vol. 3, pp. 603-633). Boulder, Colorado: Academic Press.