

Importancia de la mecánica del medio continuo en la solución de los problemas de ingeniería civil

Importance of the mechanics of the continuum in the solution of the problems of civil engineering

María José Avecillas Andrader

Importancia de la mecánica del medio continuo en la solución de los problemas de ingeniería civil

Importance of the mechanics of the continuum in the solution of the problems of civil engineering

Maria Jose Avecillas Andrader¹

Como citar: Avecillas Andrade, M.J. (2010). Reflexiones Jurídicas al proyecto de Ley orgánica de comunicación, *Revista Universidad De Guayaquil*, 107(1), 63-72. DOI: <https://doi.org/10.53591/rug.v107i1.1008>

Resumen

Al contemplar todo lo que nos rodea, los patrones que vemos en la naturaleza no se deben a una mera coincidencia, de hecho, todos reflejan un orden y un diseño cuidadosos. Tales fenómenos físicos, comprobables matemáticamente, son los que nos permiten evaluar el medio en el que nos desenvolvemos y crear eficientes sistemas que nos permitan desarrollarnos de mejor manera y sin perjudicar el medio ambiente.

El presente documento tiene como fin introducir al lector en los términos y definiciones de la Mecánica del Medio Continuo, para que de esta manera sea capaz de conocer e interpretar rápidamente la mecánica de los problemas que se le presenten dentro de la Ingeniería Civil. Para el efecto, es necesario tener la base teórica fresca en la memoria, por lo que, debemos introducirnos en el Álgebra Lineal como herramienta para el estudio de la Mecánica, y, concluir con el entendimiento de la Mecánica del Medio Continuo. Así también, como herramienta para modelar a un medio continuo se ha propuesto la Teoría de los Elementos Finitos.

Con este resumen se pretende interesar al lector para que desee incrementar en conocimiento práctico e impulsarlo a buscar más información con el fin de profundizar en las definiciones y criterios expuestos, así mismo, estimularlo para difundir la imperiosa necesidad de fortalecer la base teórica, en particular, de la Mecánica del Medio Continuo entre los estudiantes de Pregrado.

Palabras clave: Partícula, Movimiento, Física, Mecánica, Elemento.

Summary

When contemplating everything what it surrounds to us, the landlords that we see in the nature not must to a mere coincidence, in fact, all reflect a careful order and a design. Such physical phenomena, provable mathematically, are those that allow us to evaluate the means in which we develop and to create efficient systems that allow to develop us to us of better way and without harming the environment.

The present document must like introduce to the reader in the terms and definitions of the Continuous Mechanics, so that this way he is able to quickly know and to interpret the mechanics of the problems that appear in the Civil Engineering.

For the effect, it is necessary to have the fresh theoretical base in the memory, reason why, we must be introduced in Linear Algebra as tool for the study of the Mechanics, and, to conclude with the understanding of the Continuous Mechanics. Also, as tool to model to continuous has proposed the Theory of the Finite Elements.

With this summary it is tried to interest the reader so that it wishes to increase in practical knowledge and to impel it to look for more information with the purpose of to deepen in the definitions and set out criterion, also, to stimulate it to spread the urgent necessity to fortify the theoretical base, in particular, of the Continuous Mechanics between the students of Prograde.

Key words: Microsurgery, Free flap, Autologous tissue reimplantation, Plastic surgery, Reconstructive surgical procedures.

¹Ingeniería Civil, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: mjavecillas@gmail.com

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Introducción

Desde tiempos inmemorables, la Física es uno de los pilares para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, de hecho, desde que formó parte de la malla curricular en la carrera de Ingeniería Civil de las Universidades Europeas y luego de las de América, la Física, ha estado más íntimamente ligada con: la Mecánica de Sólidos, de Fluidos y la Termodinámica,

En las primeras escuelas que se crearon de Ingeniería Civil, era la Mecánica de Sólidos la que tenía mayor aplicación y desarrollo sobre todo en áreas conocidas como la Resistencia de Materiales, debido a que la Ingeniería Civil nace de dos vertientes: la ingeniería militar y la arquitectura. Posteriormente, el desarrollo de la ingeniería hidráulica, de nuevos materiales de construcción como el hormigón, y, los efectos térmicos sobre las obras de ingeniería, dieron paso a que la Física se profundizara en la Mecánica de Fluidos y la Termodinámica,

Siendo la Mecánica del Medio Continuo una rama de la Física, cuya materia es parte de los estudios de pregrado en muchas Universidades del mundo, en la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, se están haciendo esfuerzos para mejorar la profundidad de la Mecánica del Medio Continuo, lo que a futuro requerirá una reforma curricular que, además, la incluya como materia en las maestrías en ingeniería.

Algunos compañeros de la Escuela de Ingeniería Civil nos dimos cuenta que necesitamos profundizar en esta rama de la ciencia, por lo que, con ayuda e incentivo de uno de nuestros profesores, escogimos tesis de pregrado sobre la Mecánica del Medio Continuo aunque eso significó un gran esfuerzo, debido la deficiente enseñanza de las ramas científicas básicas, entre ellas, la Física.

Los textos escogidos y la recopilación de la información de los mismos, respondieron a mi formación y a los de los estudiantes de pregrado, a fin de prepararme e incentivar a mis compañeros en la introducción del conocimiento formal técnico-científico que nos permita continuar con los estudios de cuarto nivel, tarea que llevó a la investigación durante aproximadamente un año y medio, y cuyo tributo fue ofrecido por los esfuerzos inestimables de mi profesor, director de mi tesis.

Desde que el hombre fue creado ha estado sujeto a las leyes del Universo, por lo que se ha visto en la necesidad de buscar la base teórica para comprender tales fenómenos físicos.

Innumerables hombres a través de la historia han posibilitado conocer, entender y formular matemáticamente la mayoría de los fenómenos

presentes en la naturaleza, lo que ha permitido, entre otras cosas, el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, a diario vemos a nuestro alrededor patrones que rigen en la naturaleza. Pensemos en un copo de nieve. Estos cristales diminutos se forman cuando el vapor de agua de una nube se condensa directamente en forma de hielo.

A medida que estos cristales crecen de tamaño surgen hermosos y elegantes patrones.



Figura 1: Patrones de cristales de hielo

Miremos de cerca el patrón que sigue un copo de nieve en particular, los brazos cristalinos se ramifican una vez y otra y otra en tamaños cada vez más pequeños.

Figura 2. Patrón de un copo de nieve.

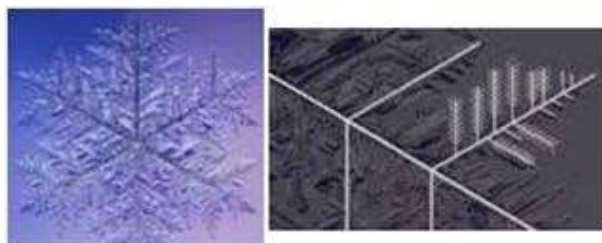
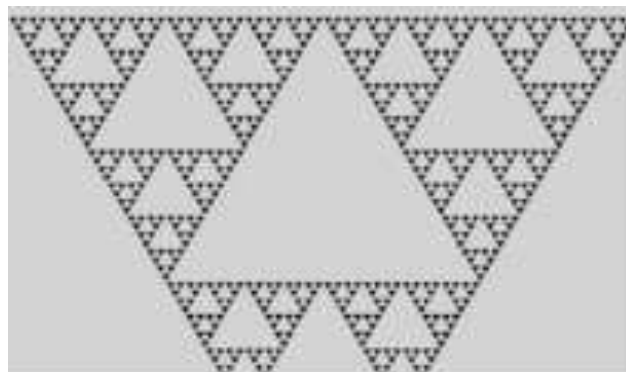


Figura 3: Auto semejanza.

Los matemáticos que estudian este concepto de auto semejanza, utilizan el termino fractal para referirse a un patrón constante que se repite en múltiples escalas.



Otro ejemplo de geometría fractal en la naturaleza son los arboles. El tronco se divide en ramas mayores, estas en ramas más pequeñas y así sucesivamente. Las hojas de los heléchos siguen un patrón fractal semejante.

En la naturaleza es muy común ver patrones en espiral. Por ejemplo, el caparazón de un nautilo, en formaciones nubosas o en un girasol.

En el caso del girasol, el patrón en espiral tiene que ver con el ángulo exacto en los que se forman los nuevos tejidos de la planta. A este ángulo de aproximadamente 137.30° se lo llama a veces el ángulo áureo. Gracias a él se produce una organización totalmente compacta sin espacios perdidos y se general patrones en espiral.

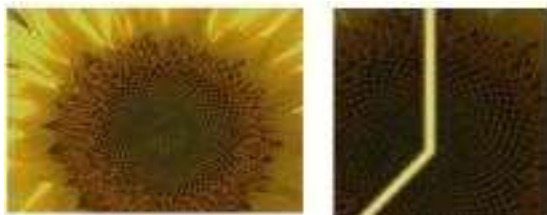


Figura 4: Girasol. Patrón en espiral. Ángulo exacto.

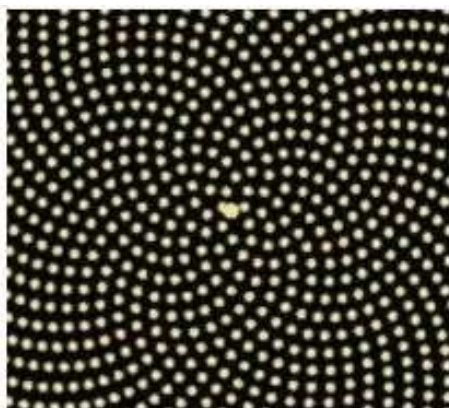


Figura 5: Ángulo áureo permite patrón en espiral.

Si el girasol no creciera en el ángulo áureo sino en otro, por ejemplo de 140° , en su lugar crecerían brazos radiales y el espacio no se aprovecharía de manera tal perfecta.

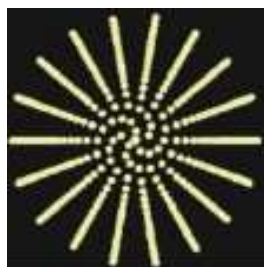


Figura 6: Ángulo 140° .

En un análisis más profundo se distingue una fascinante relación matemática entre el ángulo áureo y una serie de números llamados la Sucesión de Fibonacci.

1	1	2	3	5	8
13	21	34	55	89	144
233	377	610	987	1597	2584
4181	6765	10946	17711	28657	
6368	75025	121593	196018	317811	
510229	852000	1366289	178309	3520578	

Figura 7: Sucesión de Fibonacci

En esta progresión cada número es el resultado de sumar los dos anteriores. Lo más asombroso es que los números de Fibonacci suelen aparecer en las plantas, y por lo tanto en los girasoles. Por ejemplo, la cantidad de pétalos de las flores que crecen en espiral suele corresponder a uno de estos números.

A medida que se avanza en la sucesión de Fibonacci, la relación entre los sucesivos números se acerca más y más a la definición del valor exacto del ángulo áureo.

Con lo anterior, podemos concluir que los patrones que vemos en la naturaleza no se deben a una mera coincidencia, de hecho, todos reflejan un orden y un diseño cuidadosos.

Los ejemplos citados son pocos en relación a los millones y millones presentados a nuestro alrededor. Tales fenómenos físicos, comprobables matemáticamente, son los que nos permiten evaluar el medio en el que nos desenvolvemos y crear eficientes sistemas que nos permitan desarrollarnos de mejor manera y sin perjudicar el medio ambiente.

Mecánica

El concepto fundamental de la Mecánica es el movimiento, es decir, el desplazamiento de un cuerpo con relación a los demás cuerpos.

En general, la Mecánica es la rama de la Física que describe el movimiento de los cuerpos, y su evolución en el tiempo bajo la acción de fuerzas.

La ciencia de la Mecánica se ocupa de los conocimientos relativos al estado de reposo o movimiento de los cuerpos sujetos a fuerzas. Como dichos fenómenos estáticos o dinámicos aparecen virtualmente en todos los problemas de ingeniería, la Mecánica ha sido y es el tema fundamental en el estudio y la práctica de esta rama de la técnica.

Desde el punto de vista del medio que se estudia, la Mecánica se divide en tres partes: de los

cuerpos rígidos, de los cuerpos deformables, y de los fluidos.

Durante el estudio de la Mecánica es importante recordar que en la mayoría de los casos se pueden representar matemáticamente los fenómenos físicos utilizando idealizaciones con el fin de crear modelos básicos simplificados, a los cuales se les conoce como modelos matemáticamente ideales, o simplemente como modelos matemáticos o modelos ideales. Esta técnica permite tratar con problemas que de otra manera sería extremadamente difícil o imposible resolver. La idealización y el uso de dichos modelos son considerados válidos, cuando la solución analítica verifica los resultados de la experimentación o la observación.

Conceptos básicos previos al estudio de la Mecánica

Masa y Peso

La Masa es una propiedad de la materia definida por los resultados de ciertos experimentos fundamentales, se utiliza para determinar y comparar cuerpos.

La Masa de un cuerpo da la idea de su inercia, mientras que el Peso de un cuerpo es la expresión de la fuerza con que la tierra lo atrae y varía de unos lugares a otros. La dirección del Peso de un cuerpo es, muy aproximadamente, la recta que une el lugar donde se encuentra y el centro de La tierra.

Cuando un cuerpo de masa cae libremente, la fuerza que actúa sobre él es su propio peso y la aceleración que adquiere es la de la gravedad, intensidad del campo gravitatorio terrestre.

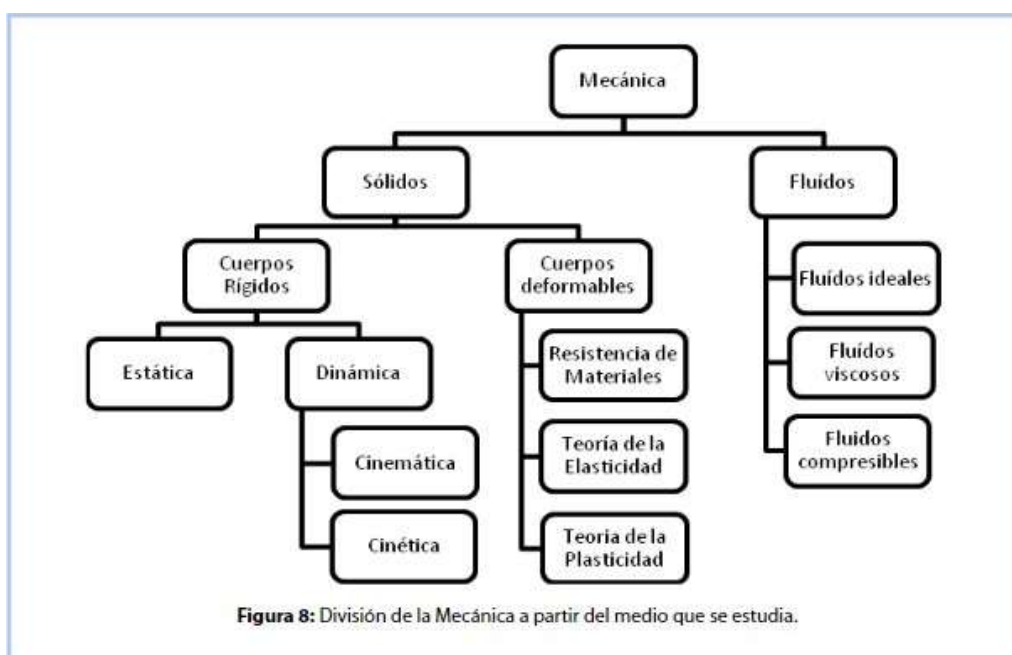
Fuerza

A continuación se anotarán algunos conceptos de Fuerza por niveles de estudio.

Tomando como referencia el Diccionario Enciclopédico Multimedia El Pequeño Larousse se define a la Fuerza como "causa capaz de deformar un cuerpo o de modificar su estado de reposo o movimiento. Toda fuerza está definida por su punto de aplicación, su dirección, su sentido y su intensidad. Según la ley fundamental de la dinámica, la aceleración que experimenta un punto material, considerada como vector, es proporcional a la fuerza que la produce".

Desde un punto de vista más general, la Fuerza puede definirse como el empuje o el tirón que se ejerce sobre un cuerpo. Se trata de una magnitud vectorial y, por consiguiente, se caracteriza por un módulo, una dirección y un sentido.

Al aplicar una fuerza sobre un cuerpo, este adquiere una aceleración en la misma dirección y sentido de la fuerza. Recíprocamente, todo cuerpo animado de una aceleración deberá estar sometido a una fuerza resultante de la misma dirección y sentido de aquella. La fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es direc-



tamente proporcional al producto de su masa por la aceleración que la comunica.

Considerando la Mecánica y Física Molecular, si el punto material efectúa un movimiento libre, o sea, no interacciona con los cuerpos que la rodean, conservará su impulsión. Si por el contrario, la partícula interacciona con los cuerpos que la rodean su impulsión variará con el tiempo. Por lo tanto podemos considerar la variación e la impulsión del punto material como medida de influencia que ejercen sobre él los cuerpos que lo rodean. Cuanto mayor es esta variación, por unidad de tiempo, más intensa será la influencia. Por eso para determinar esa influencia es natural considerar la derivada del vector impulsión del punto material con respecto al tiempo. Esta derivada se denomina Fuerza, y es la que actúa sobre el punto material.

Del desarrollo de la Fuerza a través de la historia se destaca lo siguiente:

- Arquímedes describió originalmente el concepto de fuerza en términos estáticos.
- Galileo Galilei fue el primero en dar una definición dinámica de Fuerza en oposición a Arquímedes.
- Isaac Newton fue considerado como el primero que formuló matemáticamente la definición moderna de Fuerza, además, postuló que las fuerzas gravitatorias vahaban según la ley de la inversa del cuadrado.
- Charles Coulomb comprobó que la interacción entre cargas eléctricas o electrónicas puntuales variaba también según la ley de la inversa del cuadrado.
- Henry Cavendish logró medir experimentalmente la fuerza de la gravedad entre dos masas pequeñas, usando una balanza de torsión, con lo que encontró el valor de la constante de la gravitación universal y, por tanto, pudo calcular La masa de la Tierra.
- Con el desarrollo de la electrodinámica cuántica a mediados del siglo XX se constató que "fuerza" era una magnitud puramente macroscópica, surgida de la conservación del momento para partículas elementales. Por esa razón las llamadas fuerzas fundamentales suelen denominarse "interacciones fundamentales".

Arquímedes y otros creyeron que el "estado natural" de los objetos materiales en la esfera terrestre era el reposo y que los cuerpos tendían, por si mismos, hacia ese estado si no se actuaba sobre ellos de ningún modo. De acuerdo con Aristóteles la perseverancia del movimiento requería siempre una causa eficiente, algo que parece concordar con la experiencia cotidiana, donde las fuerzas de fricción pasan desapercibidas. De hecho, la primera ley de Newton, que contradice la tesis

de Arquímedes, y según la cual un objeto sobre el que no actúa ninguna fuerza permanece en movimiento inalterado, no resulta obvia para la mayoría de personas que la oyen por primera vez.

Las Fuerzas Fundamentales son aquellas fuerzas del Universo que no se pueden explicar en función de otras más básicas. Las fuerzas o interacciones fundamentales conocidas hasta ahora son cuatro: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil,

- La fuerza gravitatoria es la fuerza de atracción que una masa ejerce sobre otra, y afecta a todos los cuerpos. La gravedad es una fuerza muy débil y de un sólo sentido, pero de alcance infinito.
- La fuerza electromagnética afecta a los cuerpos eléctricamente cargados, y es la fuerza involucrada en las transformaciones físicas y químicas de átomos y moléculas. Es mucho más intensa que la fuerza gravitatoria, puede tener dos sentidos, atractivo y repulsivo, y su alcance es infinito.
- La fuerza o interacción nuclear fuerte es la que mantiene unidos los componentes de los núcleos atómicos, y actúa indistintamente entre dos nucleones cualesquiera, protones o neutrones. Su alcance es del orden de las dimensiones nucleares, pero es más intensa que la fuerza electromagnética,
- La fuerza o interacción nuclear débil es la responsable de la desintegración beta de los neutrones; los neutrinos son sensibles únicamente a este tipo de interacción, aparte de la gravitatoria que afecta a todos los cuerpos. Su intensidad es menor que la de la fuerza electromagnética y su alcance es aún menor que el de la interacción nuclear fuerte.

Definir la fuerza a partir de la masa y la aceleración, magnitudes en las que intervienen masa, longitud y tiempo, hace que sea una magnitud derivada. Este hecho atiende a las evidencias que posee la física actual, expresado en el concepto de Fuerzas Fundamentales, y se ve reflejado en el Sistema Internacional de Unidades.

Momento

Tal como se expresó anteriormente, la ciencia de la Mecánica se refiere a los efectos de las fuerzas sobre cuerpos materiales. Las Fuerzas y los Momentos son las causas que producen o

modifican los movimientos lineales y angulares de los cuerpos materiales respectivamente, o tienden a mover los cuerpos materiales de esa manera.

El Momento de una fuerza con respecto a un punto da a conocer en qué medida existe capacidad en una fuerza o desequilibrio de fuerzas para causar la rotación del cuerpo con respecto a éste.

El momento tiende a provocar un giro en el cuerpo o masa sobre el cual se aplica y es una magnitud característica en elementos que trabajan sometidos a torsión, como los ejes de maquinaria, y en elementos que trabajan sometidos a flexión, como las vigas.

Cuando se consideran problemas mecánicos bidimensionales de fuerzas, en los que todas las fuerzas y vectores directores están contenidos en un único plano, el cálculo de momentos se simplifica mucho porque se pueden considerar todos los momentos de las fuerzas como magnitudes escalares. Eso se debe a que el vector momento de fuerza, considerado como vector tridimensional sería perpendicular al plano de trabajo y, por tanto, sumar vectorialmente momentos se reduciría a sumar sólo su componente perpendicular al plano, que es una magnitud de tipo escalar. Si se considera una fuerza aplicada en un punto A del plano de trabajo y otro punto B sobre el mismo plano, el momento "plano" o escalar para realizar todos los cálculos necesarios viene dado por:

$$\tau = \pm F \cdot d = \pm F \cdot l \cdot \sin \theta$$

siendo el módulo de la fuerza y siendo el brazo de la palanca, es decir, la distancia punto-recta entre el punto B desde el que consideramos los momentos y la recta de aplicación de la fuerza y el ángulo que forman los dos vectores. El sentido, y por tanto, el signo se determina según la regla de la mano derecha.

En este caso, si por ejemplo una masa de un kilogramo está a un metro del eje de giro, al aplicar una fuerza, el momento aplicado será la mitad del que se aplica con la misma fuerza pero con la masa situada a dos metros de distancia, para conseguir el mismo desplazamiento de giro.

Inercia.

En términos muy generales, la Inercia es la dificultad o resistencia que opone un sistema físico o un sistema social a posibles cambios.

En Física se dice que un sistema tiene más inercia cuando resulta más difícil lograr un cambio en el estado físico del mismo. Los dos usos más frecuentes en Física son la Inercia Mecánica y la Inercia Térmica. La Inercia Mecánica es la medida de dificultad para cambiar el estado de movimiento o

reposo de un cuerpo; depende de la cantidad de masa y del tensor de inercia. La Inercia Térmica mide la dificultad con la que un cuerpo cambia su temperatura al estar en contacto con otros cuerpos o ser calentado; depende de la cantidad de masa y de la capacidad calorífica.

La Inercia Mecánica es la tendencia de los cuerpos a mantener el estado de movimiento o reposo en el que se encuentran, el cual no se modifica a menos que actúen fuerzas externas sobre su masa. También puede considerarse la Inercia como la tendencia de los cuerpos a mantener su estado, sea de reposo o de movimiento, hasta que una fuerza externa modifique dicho estado. Existen dos tipos de Inercia Mecánica:

- Inercia Traslacional: relacionada con la masa total de un cuerpo,

- Inercia Rotacional: relacionada con la distribución de la masa de un cuerpo entorno a su centro de masas.

De lo anterior, desde un punto de vista práctico se denota que a un cuerpo de masa al que se le aplica una fuerza, cambia su estado de movimiento, acelerándose, y de acuerdo con la Segunda Ley de Newton, este hecho se expresa matemáticamente por la relación:

$$F = m \cdot a$$

Donde es la fuerza y la aceleración medidas desde un sistema inercial cualquiera. Esta fuerza que aparece en la ecuación puede ser interpretada como la inercia o resistencia que el cuerpo opone a ser acelerado, razón por la cual se llama Fuerza de Inercia.

En otras palabras, al tratar de empujar un cuerpo de masa con cierta aceleración, cuanto más masa tenga un cuerpo más fuerza de inercia tendrá, y cuanto mayor sea la aceleración que sele imprima mayor será su inercia, por lo que la inercia tendrá que ser compensada con la fuerza aplicada al cuerpo, que será la causa de su aceleración.

La expresión vectorial de la inercia mecánica puede anotarse de la siguiente manera:

Si sobre el cuerpo actúan varias fuerzas y en distintas direcciones, podemos adoptar la siguiente representación vectorial:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m \vec{a}$$

Donde la fuerza resultante, es decir la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo,

es equivalente a la suma vectorial de todas las fuerzas que intervienen. También puede expresarse como:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i - m\vec{a} = \vec{0}$$

Esta última expresión también se denomina Equilibrio Dinámico, dado que la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es igual a cero. La fuerza, se llama fuerza de inercia; su magnitud es, su dirección la misma que la de la aceleración del cuerpo, y su sentido el contrario al de la aceleración. Es una fuerza reactiva dado que se opone a la causa del movimiento.

La Inercia Térmica es una propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno. Depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de éstos.

A manera de ejemplo, en la construcción de áreas habitacionales se utiliza esta propiedad para conservar más confortable la temperatura del interior, mediante muros de gran masa. Estos muros, en épocas de mayor frío, durante el día se calientan, y por la noche van cediendo el calor al ambiente del interior de las habitaciones; en épocas de mayor calor, durante el día absorben el calor del aire de ventilación y por la noche se vuelven a enfriar con una ventilación adecuada, para prepararlos para el día siguiente. El desarrollo y uso adecuado de esta propiedad podría evitar el uso de sistemas artificiales de climatización interior.

Desde el punto de vista de la Reacción del Material, la Inercia Térmica es la resistencia que ofrece el elemento a ser calentado. Mayor inercia térmica equivale a que la resistencia del elemento frente al aumento de temperatura, debido a que reparte el calor en toda su extensión, lo que permite que no se concentre sólo en la zona de contacto con el flujo térmico. El riesgo de combustión del elemento será menor mientras mayor sea su inercia térmica.

Cantidad de Movimiento

En Mecánica la forma más usual de introducir la cantidad de movimiento es mediante definición como el producto de la masa de un cuerpo material por su velocidad, para luego analizar su relación con la ley de Newton a través del teorema del impulso y la variación de la cantidad de movimiento. No obstante, después del desarrollo de la Física Moderna, esta manera de hacerlo no resultó la más conveniente para abordar esta magnitud fundamental.

El defecto principal es que esta forma esconde el concepto inherente a la magnitud, que resultase

una propiedad de cualquier ente físico con o sin masa, necesaria para describir las interacciones. Los modelos actuales consideran que no sólo los cuerpos masivos poseen cantidad de movimiento, también resulta ser un atributo de los campos y los fotones.

La cantidad de movimiento obedece a una ley de conservación, lo cual significa que la cantidad de movimiento total de todo sistema cerrado, o sea uno que no es afectado por fuerzas exteriores, y cuyas fuerzas internas no son disipadoras, no puede ser cambiada y permanece constante en el tiempo.

En el enfoque geométrico de la mecánica relativista la definición es algo diferente. Además, el concepto de momento lineal puede definirse para entidades físicas como los fotones o los campos electromagnéticos, que carecen de masa en reposo. No se debe confundir el concepto de momento lineal con otro concepto básico de la mecánica newtoniana, denominado momento angular, que es una magnitud diferente.

Finalmente, se define el impulso recibido por una partícula o un cuerpo como la variación de la cantidad de movimiento durante un periodo de tiempo dado:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_0$$

siendo la cantidad de movimiento al final del intervalo y al inicio del intervalo.

Históricamente el concepto de cantidad de movimiento surgió en el contexto de la mecánica newtoniana en estrecha relación con el concepto de velocidad y el de masa. En mecánica newtoniana se define la cantidad de movimiento lineal como el producto de la masa por la velocidad:

$$p = mv$$

La idea intuitiva tras esta definición está en que la "cantidad de movimiento" dependía tanto de la masa como de la velocidad: si se imagina una mosca y un camión, ambos moviéndose a 40 km/h, la experiencia cotidiana dice que la mosca es fácil de detener con la mano mientras que el camión no, aunque los dos vayan a la misma velocidad. Esta intuición llevó a definir una magnitud que fuera proporcional tanto a la masa del objeto móvil como a su velocidad.

Si estamos interesados en averiguar la cantidad de movimiento de, por ejemplo, un fluido que se mueve según un campo de velocidades es necesario sumar la cantidad de movimiento de cada

partícula del fluido, es decir, de cada diferencial de

masa o elemento infinitesimal, es decir:

$$\vec{p} = \int_m \vec{v} dm$$

División de la Mecánica

El conjunto de componentes de la Mecánica es muy amplio, por lo que me he permitido realizar el siguiente esquema:

La Mecánica se encuadra en la Física por estudiar los fenómenos físicos. No obstante, muchos autores la relacionan con las Matemáticas y la Ingeniería debido a su leve carácter empírico, rigor y razonamiento deductivo.

Mecánica del medio continuo

La Mecánica del Medio Continuo es la base de la ingeniería y la tecnología. Ningún ingeniero podría comprender el medio que lo rodea sin entender sus principios básicos que a su vez le permitirían idear herramientas para crear un modelo del mismo, con el fin de diseñar dispositivos que contribuyan al uso pleno de aquel medio circundante.

Es necesario indicar que los conceptos citados en este capítulo están orientados a la ingeniería, intentando mantener un adecuado equilibrio entre la rigurosidad de la formulación matemática utilizada y la claridad de los principios físicos tratados, aunque poniendo en todo momento lo primero al servicio de lo segundo. La idea principal es focalizar la atención del lector en la componente física de esta teoría.

En la primera parte, se introducen los aspectos fundamentales y descriptivos comunes a todos los medios continuos, esto es, movimiento, deformación, tensión y ecuaciones conservación- balance. En la

segunda, se estudian familias específicas de medios continuos, como son los sólidos y los fluidos.

Con lo anterior, coincido con la siguiente frase: “El estudio de esta ciencia es una aventura que el lector encontrará estimulante, a veces frustrante y ocasionalmente dolorosa, pero que da abundantes beneficios y satisfacciones”.

Definiciones generales del medio continuo

Medio continuo:

Medio Continuo se llama al conjunto infinito de partículas que forman parte de un cuerpo, sea un sólido, un líquido o un gas, que va a ser estudiado de forma macroscópica, por lo que, la descripción matemática de este medio se realiza mediante funciones continuas.

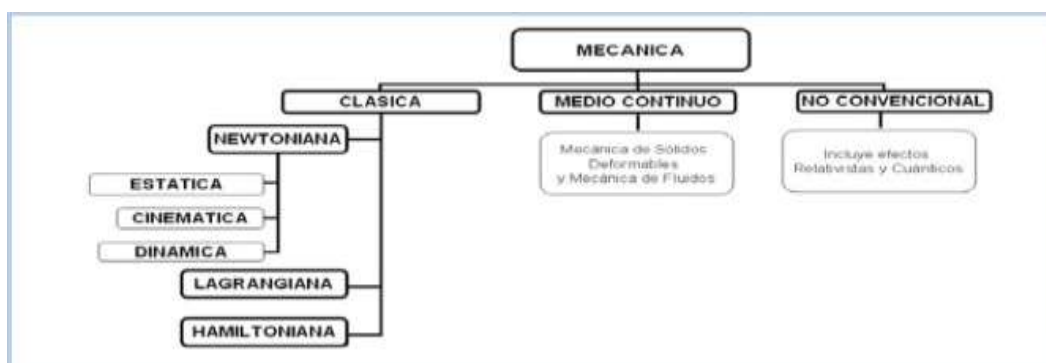
Mecánica del Medio Continuo:

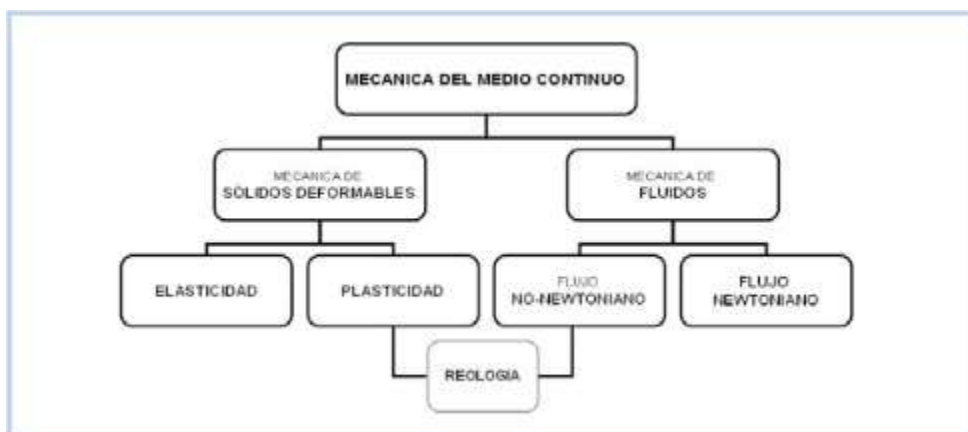
La Mecánica del Medio Continuo es una rama de la Física, específicamente de la Mecánica, que propone un modelo matemático para un Medio Continuo cuyo comportamiento se puede describir adecuadamente por ese modelo. En la siguiente figura se muestran las subdivisiones que La conforman.

Es importante recordar que un modelo es la versión simplificada de un sistema físico que sería demasiado complejo que se analizase de forma detallada, y aunque pasamos por alto muchos efectos menores, necesitamos criterio y creatividad para simplificar lo suficiente un problema sin omitir sus características esenciales.

El medio continuo en la teoría de los elementos finitos

Los pasos a seguir en el análisis de estructuras mediante el método de los desplazamientos a través del MEF, son los siguientes:





- El continuo se divide, mediante líneas o superficies imaginarias en un número de elementos finitos. Esta parte del proceso se desarrolla habitualmente mediante algoritmos incorporados a programas informáticos de mallado durante la etapa de preproceso.

- Se supone que los elementos están conectados entre sí mediante un número discreto de puntos o “nodos”, situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nodos serán las incógnitas fundamentales del problema, tal y como ocurre en el análisis simple de estructuras por el método matricial.

- Se toma un conjunto de funciones que definan de manera única el campo de desplazamientos dentro de cada “elemento finito” en función de los desplazamientos nodales de dicho elemento.

- Estas funciones de desplazamientos definirán entonces de manera única el estado de deformación del elemento en función de los desplazamientos nodales. Estas deformaciones, junto con las propiedades constitutivas del material, definirán a su vez el estado de tensiones en todo el elemento, y por consiguiente en sus contornos.

- Se determina un sistema de fuerzas concentradas en los nodos, tal que equilibre las tensiones en el contorno y cualesquiera cargas repartidas, resultando así una relación entre fuerzas y desplazamientos de la forma, que como vemos es similar a la del cálculo matricial.

- La resolución del sistema anterior permite obtener los desplazamientos en los nodos y con ellos definir de manera aproximada el campo de desplazamientos en el elemento finito.

- En la etapa de postproceso se presentan los resultados, generalmente de forma gráfica para su análisis.

Opciones en el cálculo mediante el M.E.F

Un amplio rango de funciones objetivo, es decir,

variables con el sistema, están disponibles para La minimización ó la maximización;

- Masa, volumen, temperatura Energía tensional, estrés tensional

- Fuerza, desplazamiento, velocidad, aceleración

- Sintético (definidos por el usuario)

Hay múltiples condiciones de carga que se pueden aplicar al sistema. Algunos ejemplos son:

- Puntuales, presión, térmicas, gravedad, y cargas centrífugas estáticas

- Cargas térmicas de soluciones del análisis de transmisión de calor

- Desplazamientos forzados

- Flujo de calor y convención

Puntuales, de presión, y cargas de gravedad dinámicas

Cada programa M.E.F. puede venir con una librería de elementos, o una que es construida con el tiempo. Algunos ejemplos de elementos son:

- Elementos tipo barra

- Elementos tipo viga Placa/Cáscara/Elementos compuestos

- Panel de sándwich

- Elementos sólidos

- Elementos tipo muelle

- Elementos de masa Elementos rígidos

- Elementos amortiguadores viscosos

Muchos programas M.E.F. también están equipados con la capacidad de usar múltiples materiales en la estructura, como:

- isotrópicos, homogéneos

- Ortotrópicos, idénticos a 90 grados

- Anisotropía general, heterogéneos

Bibliografía

- Avecillas M. J., (2003). Apuntes de la Clase de Física I dictada por el Profesor Ing. Jorge Landín. Nivel 100. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Avecillas M. J., (2004). Apuntes de la Clase de Estática dictada por el Profesor Ing. Julio Albuquerque. Segundo Año. Universidad de Guayaquil.
- Avecillas M. J., (2004) Apuntes de la Clase de Dinámica dictada por el Profesor Ing. Eduardo Zavala. Tercer Año. Universidad de Guayaquil.
- Bayot E., Hernick P.» Illingworth J., Jaramillo E., Ortiz H., Puente R., Matemáticas Básicas II Tomo, Curso Nivelatorio, Primera Edición, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ediciones Politécnicas.
- Becker, 1ere Partie. Notions de base at Theorie de l'Elasticite. Rheologie Theorique et Appliquee. Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière de Nancy.
- Benavides R, (1998). Tesis de Grado Previo la Obtención del Título de Ingeniero Civil. "Análisis Estructural del Tren Metropolitano de Guayaquil". Premio Universidad de Guayaquil.
- El Pequeño Larousse Multimedia, 2003.
- Cortinez H., Girón. El Método de Elementos Finitos en la Ingeniería Práctica. Análisis de Sistemas Mecánicos. Facultad Regional Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
- Goicolea J. (1968). Dpto. de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Politécnica de Madrid. Mecánica de Medios Continuos: Resumen de Algebra y Calculo Tensorial. Septiembre 2007.
- Huang T. C.» "Mecánica para Ingenieros, Tomo I, Estática".
- Landau L., Ajeizer A.» Lifshitz E., (1979). Curso de Física General, Mecánica y Física Molecular. Editorial MIR Moscú.
- Las maravillas de la creación revelan la Gloria de Dios. Copyright © 2009 Watch Tower Bible and Tract Society of Pennsylvania.
- Marín R., (1997). Curso de Elemento Finito, Escuela Superior Politécnica ESPOL. Nara H., (1977). Mecánica Vectorial para Ingenieros, Parte I: Estática, Editorial Limusa
- Oliver X, Agelet de Saracibar C. (2002). "Mecánica de Medios Continuos para Ingenieros". Alfaomega.
- Perri G., (1985). Método Numérico para el Diseño Geotécnico del Sosténimiento de Túneles. Elaboración e Implementación de un Código de Calculo por Elementos Finitos. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Minas. Universidad Central de Venezuela.
- Schaum D., (1961). Física General, Teoría y 385 problemas resueltos.
- Sears F., Zemansky M., Young H., Freedman R. (1998). "Física Universitaria". Novena Edición. Spyrakos C., (1993). Finite Element Modeling in Engineering Practice. Elsevier. New York.
- Sullivan M., (1997). Chicago State University. Pre-Cálculo, Cuarta Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Watchtower Library 2007. Versión 9.0 Build 2362. Biblioteca de consulta: Publicaciones en Español (1970 - 2007). Copyright © 2008 Watch Tower Bible and Tract Society of Pennsylvania.
- White F., (2004). Mecánica de Fluidos. Quinta Edición. Mac Graw Hill.

www. wikipedia.com



◀ María José Avecillas Andrade
Ingeniera Civil
e-mail: mjavecillas@gmail.com