

## ESTRUCTURACIÓN DEL CONTENIDO DE LA FÍSICA I BASADO EN LAS LEYES DE CONSERVACIÓN

### Structuring of the content of physics I based on the conservation laws

#### RESUMEN

Desde diferentes instancias académicas tanto en el contexto mundial como en el latinoamericano y colombiano existen convergencias en cuanto a que en la formación del ingeniero de este siglo deben conjugarse armónicamente distintos campos del conocimiento; entre ellos las ciencias básicas. En lo relacionado con la física, ésta debería abordarse a partir de lo que es esencial en esta rama del conocimiento. En este artículo se presenta una propuesta de estructuración del contenido de la llamada física I basada en las leyes de conservación del momentum lineal y angular así como la ley de conservación de la energía.

**PALABRAS CLAVES:** Estructuración, Física I, Leyes Conservación

#### ABSTRACT

*From different academic instances as much in the world-wide context as in Latin American and the Colombian convergences exist insofar as in the formation of the engineer of this century harmonically different fields from the knowledge must be conjugated; among them basic sciences. As regards the physics, this one would have to be approached from which he is essential in this branch of the knowledge. In this article a proposal of structuring of the content call of physics I, it based on the conservation laws of the linear and angular momentum as well as the conservation law of the energy appears.*

**KEYWORDS:** *Estructuration, Conservation Laws, Physics I,*

### 1. INTRODUCCIÓN

“La ingeniería es la disciplina que, a partir del entendimiento de las leyes del universo, desarrolla competencias para aprovechar los recursos de la naturaleza en beneficio de la comunidad” (Arellano 2006). Para entender las leyes del universo es necesario conocerlas y es allí donde ciencias básicas como la física desempeñan un papel fundamental en la formación del ingeniero. En referencia a qué se debe aprender de esta ciencia por parte de estos profesionales y sobre cómo estos conocimientos deben ser apropiados por ellos, como parte de su formación integral, se debate intensamente en los últimos tiempos.

En el marco de las tendencias y corrientes educativas en ingeniería a nivel mundial, la Academia Nacional de Ingeniería de las Academias Nacionales de los Estados Unidos (ANI 2005), señala que los retos más importantes que ha de enfrentar el ingeniero del año 2020 desde el punto de vista del saber y el saber hacer son entre otros: la rapidez con la cual se están produciendo los conocimientos en ese campo (los descubrimientos provistos por la ingeniería se duplican cada 10 años (ANI 2005)); la acelerada introducción y adopción de tecnología; los avances más recientes en biotecnología, nanotecnología, tecnologías de comunicación e información, ciencia de materiales, fotónica y otras

#### RAMIRO RAMÍREZ RAMÍREZ

Licenciado en Física, M.Sc.  
Profesor Asociado  
Universidad Tecnológica de Pereira  
Colombia  
[rramirez@utp.edu.co](mailto:rramirez@utp.edu.co)

#### JORGE FIALLO RODRIGUEZ

Físico, Ph.D.  
Profesor Titular  
Instituto Pedagógico  
Latinoamericano y Caribeño  
Cuba  
[fiallo47@yahoo.com.mx](mailto:fiallo47@yahoo.com.mx)

#### GUILLERMO BERNAZA RODRIGUEZ

Físico, Ph.D.  
Profesor Titular  
Ministerio de Educación Superior  
Cuba  
[bernaza@reduniv.edu.cu](mailto:bernaza@reduniv.edu.cu)

nuevas tecnologías. Teniendo en cuenta la formación integral mirada ahora desde el aprender a ser y aprender a vivir juntos, la ingeniería del siglo XXI deberá enfrentar desafíos tales como: la escasez de agua y alimentos, la seguridad social, la producción de energía eléctrica, combustibles, fuentes naturales de energía, y la conservación del medio ambiente (ANI 2005). Es por ello que, desde la perspectiva de esta organización, la práctica de la ingeniería ha de cambiar sustancialmente debido a que los nuevos productos y desarrollos tecnológicos han superado las bases de los conocimientos impartidos en las universidades.

Para el año 2020 además de la excelencia técnica, los ingenieros deberán desarrollar habilidades relacionadas con el trabajo en equipo, comunicación, razonamiento ético y capacidad de análisis de los contextos social y global. En este sentido las escuelas de ingeniería deben enseñar a sus alumnos cómo aprender, introducir el aprendizaje interdisciplinario, centrar la orientación hacia el entrenamiento para el aprendizaje de conocimientos básicos de ingeniería y la capacidad de pensar para la profesión. Para los expertos de esta asociación con los modelos curriculares actuales “muchos ven la educación en ingeniería como una empresa formulaica, aburrida e individualista, dirigida por la adquisición de habilidades técnicas esotéricas, altamente atomizadas”

En referencia al contexto colombiano, para el ministerio

de educación nacional (MEN) “es prioritaria para el siglo XXI una educación que desarrolle en las personas la capacidad de adquirir y transformar sus conocimientos y destrezas, de potenciar la capacidad de innovar y aplicar los conocimientos a la solución de problemas, sin olvidarse de la problemática medioambiental las y desigualdades sociales”. En concordancia con la manera de hacerse en la unión europea, se debe enfatizar en un “aprendizaje permanente y de mejoramiento de las competencias a lo largo de la vida para realizarse en lo personal, participar en la sociedad y tener éxito en el mundo laboral (altablero 2009).

Las competencias se entienden como los conocimientos, las habilidades, actitudes y valores que se desarrollan en las personas y que les permite interactuar con otros individuos y con objetos de conocimiento, con el fin transformar el mundo en que viven (altablero 2009). Lo anterior se enmarca dentro del informe a la UNESCO de la comisión internacional sobre la educación del siglo XXI, en el cual se proponen cuatro bases fundamentales para la educación del futuro: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser. Para el MEN esta visión de la escuela basada en competencias la hace pertinente con la innovación, la educación y la paz y necesaria para el proyecto colombiano de globalización.

La formación de este ingeniero necesariamente exigirá un replanteamiento de la estructura curricular de los correspondientes programas académicos; ésta debería hacerse desde una perspectiva que permita: la flexibilidad, la esencialidad general, la unificación, la autonomía en los procesos de aprendizaje, y la pertinencia social. Atrás deberán quedar la rigidez, lo superfluo y particular, la dispersión, la dependencia y la poca pertinencia de los enfoques tradicionales.

Esta nueva perspectiva, debería ser sistematizada en un nuevo plan de estudios que contemple pilares que permitan potenciar la formación de un profesional con alto nivel científico y técnico, con capacidad de permanente autoaprendizaje, idóneo en el desempeño de su labor, con habilidad para integrarse en equipos interdisciplinarios, con responsabilidad ambiental y social.

Esta visión debería ser eje transversal de todo el plan de estudios, lo cual incluye la estructura misma de las disciplinas que conforman el llamado ciclo básico en la formación de ingenieros. En el caso particular de la física general, y específicamente desde su enseñanza, se podría coadyuvar en la construcción de esta visión si se aborda desde el reconocimiento de la complejidad de los fenómenos de la naturaleza, lo fundamental y universal de las leyes que la determinan y lo esencial y general del conocimiento que de dichos fenómenos debe tener un ingeniero. Desde este punto de vista “el contenido debería hacer énfasis sobre lo esencial a partir de

invariantes que permitan dominio de conocimientos fundamentales que constituyen la base de los objetos y fenómenos particulares y permiten una mejor comprensión y manejo de los mismos” (González 2003).

También se destaca en el contexto nacional, la coincidencia de las ponencias en la XXVI reunión nacional de la Asociación Colombiana de facultades de ingeniería (ACOFI) denominada “Retos en la formación del ingeniero para el año 2020”, en señalar la necesidad de reestructurar los currículos pensando en lo básico y fundamental del conocimiento del que debe apropiarse el ingeniero de tal manera que le permita enfrentar con éxito los retos que le imponen los avances científicos y tecnológicos, así como las cada vez mayores necesidades ambientales y de sostenibilidad de la comunidad a la cual pertenece.

Con el nombre de física I se conoce el primer curso de esta disciplina que muchas universidades ofrecen a sus estudiantes de pregrado en ingeniería. Para su enseñanza se utilizan libros de texto y consulta que las editoriales más poderosas posicionan en el mercado. Normalmente en un primer tomo se incluye la mecánica (estudio del movimiento de una partícula y los sistemas de partículas), las ondas mecánicas y la termodinámica. Los dos primeros tópicos constituyen lo que se denomina el contenido del curso mencionado. En el caso de la mecánica, en contraposición a la integración que se debe hacer alrededor de leyes fundamentales y universales la temática se desarrolla en una gran cantidad de capítulos.

También en Colombia, un análisis acerca de la estructura del programa de física I que las universidades Nacional, Antioquia, Industrial de Santander y Valle, ofrece a sus estudiantes de ingeniería, muestra que aunque en los objetivos se aprecia una intención de hacer énfasis en las leyes de conservación, esto no se da de una manera sistemática en el desarrollo del contenido.

En el contexto local, de la Universidad Tecnológica de Pereira, un estudio diagnóstico sobre el estado de la enseñanza de la física I en las facultades de ingeniería, para lo cual se utilizaron instrumentos diseñados con base en las categorías didácticas, pone en evidencia la siguiente problemática: a) según la apreciación tanto de estudiantes como de profesores, la distribución del contenido no está acorde con el tipo de formación que en física debe tener un ingeniero. Esto está en contradicción con la pertinencia que debe caracterizar la formación en física de la ingeniería moderna. b) Los estudiantes no logran integrar el concepto de fuerza con la conservación del momentum; lo anterior se contradice con la moderna concepción del currículo universitario el cual considera que cualquier propuesta de estructuración de un contenido de la física para su enseñanza debe incluir en sus elementos la posibilidad de que los estudiantes adquieran una visión unificada de dicha ciencia. (Ramírez, 2009) d) Según la experiencia de los docentes,

el tiempo asignado para el desarrollo del curso es insuficiente; esto entra en contradicción con la eficiencia que debe determinar el desarrollo del proceso. e) La estructura del programa sugiere un desarrollo dispersivo de la mecánica a través de catorce capítulos.

## 2. CONTENIDO

Con el objetivo de precisar el contexto dentro del cual se enmarca el concepto de contenido, éste, desde la perspectiva pedagógica que ilumina este artículo, se considera elemento de la didáctica. Desde la perspectiva de este trabajo, tanto la pedagogía como la didáctica se consideran ciencias: la primera tiene como objeto de estudio la educación y la segunda se encarga del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El contenido es un elemento la didáctica y su ubicación dentro de esta rama del conocimiento depende a su vez de distintas concepciones pedagógicas. Desde la didáctica general, algunas corrientes lo consideran categoría fundamental autónoma lo que impide su relación con el objetivo y el método (Addine, 1998; Fuentes 1997; Fernández, 1997). Sin embargo desde la didáctica especial de la física, el modelo tecnocrático de enseñanza de las ciencias naturales el contenido hace parte del objetivo (Fumagalli, 1999).

### 2.1 Leyes de conservación

Ya se ha establecido siguiendo la historia de la mecánica por qué las leyes de conservación del momentum lineal, del momentum angular y de la energía son leyes fundamentales y universales de la física (Truesdell 1968). Para tenerlas como referencia estas leyes se enuncian de la siguiente manera (Alonso 1998):

Ley de conservación del momentum lineal

“El momentum lineal total un sistema aislado de partículas es constante”

Como sistema aislado de partículas se entiende partículas que solamente estas sometidas a sus propias interacciones mutuas.

Si  $\vec{P}$  es el momentum lineal total de un sistema de partículas y  $\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots$  son los momentum individuales de las partículas, entonces matemáticamente el principio de conservación del momentum lineal se puede expresar:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = cte$$

Ley de conservación del momentum angular

“El momentum angular de un sistema aislado de partículas es constante”

Si  $\vec{L}$  es el momentum angular total del sistema de partículas y  $\vec{l}_1, \vec{l}_2, \dots$  son los momentum angular individuales de cada partícula, entonces matemáticamente el principio de conservación del momentum angular se puede escribir:

$$\vec{L} = \vec{l}_1 + \vec{l}_2 = cte$$

Ley de conservación de la energía

“Si todas las fuerzas (externas e internas) que actúan sobre un sistema de partículas son conservativas entonces el trabajo realizado por las fuerzas exteriores sobre el sistema es igual a la variación de la energía propia del sistema”

Si  $U = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2 + \sum_{pares} E_{p,ij}$  es la energía propia del

sistema y  $W_{ext}$  es el trabajo realizado por las fuerzas externas, entonces matemáticamente la ley de conservación de la energía se puede escribir:

$$U - U_0 = W_{ext}$$

En este caso:

$\sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots$  Es la energía cinética total del sistema medida respecto a un observador inercial y

$\sum_{pares} E_{p,ij} = E_{p,12} + E_{p,13} + \dots + E_{p,23} + \dots$  Es la energía

potencial interna de las partículas la cual es independiente del sistema de referencia.

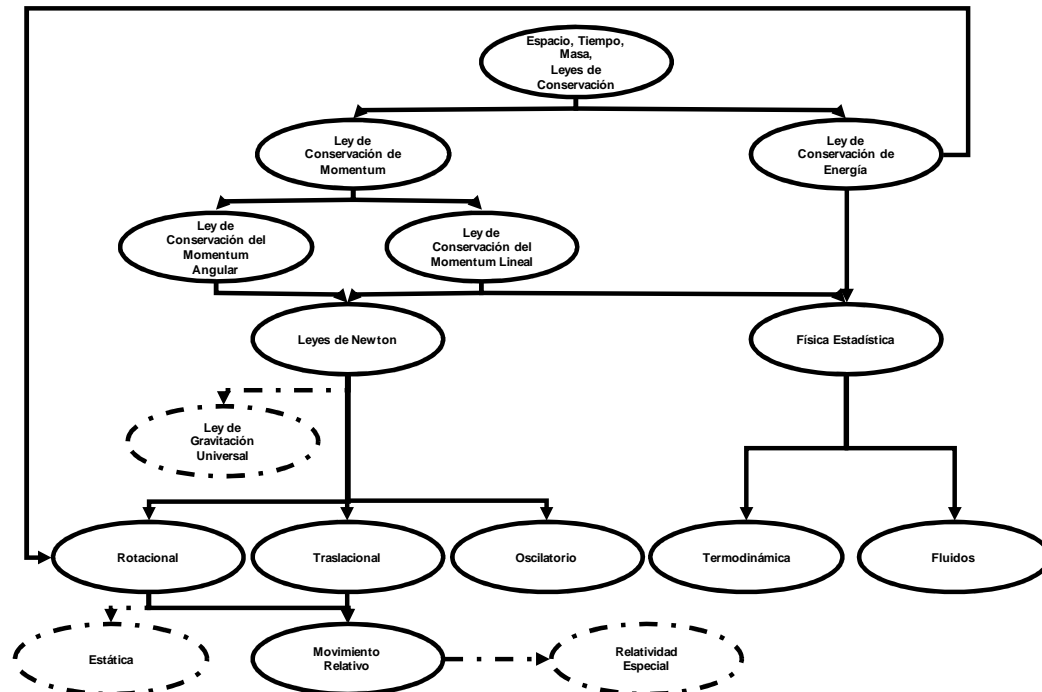
### 2.2 Estructuración del contenido

A continuación se presenta una propuesta de contenido para la llamada signatura física I dirigida a solucionar la problemática relacionada con la necesidad de formar los ingenieros desde la esencialidad de las leyes fundamentales y universales que provee esta ciencia.

La figura 1 esquematiza la red conceptual basada, en concordancia con todos los antecedentes considerados, en la fundamentalidad y universalidad de las leyes de conservación del momentum lineal, angular y de la energía en el entendido de que ese debe ser el contenido esencial del cual debe apropiarse un ingeniero para que

enfrente con posibilidades de éxito los retos del siglo XXI.

Figura 1 Red Conceptual I



### 2.2.1 Los momentum lineal y angular y su conservación.

Alrededor de la definición del momentum lineal y momentum angular en términos de la masa y la velocidad se integrarán lo que se denominan cantidades escalares y vectoriales. Los temas que se tratan en este capítulo se constituyen en preliminares necesarios para abordar el desarrollo del curso con base en la esencialidad de las leyes de conservación. Algunos de ellos son:

**Vectores:** la idea es que el estudiante se de cuenta de la razón de ser de estas cantidades como elementos matemáticos que representan cantidades vectoriales como el momentum lineal y el momentum angular haciendo la correspondiente diferenciación de las cantidades escalares. Se tratará el concepto de vector como elemento común en tres definiciones distintas: la geométrica, la analítica y la axiomática.

**Centro de masa:** dado que en la definición de momentum lineal de una partícula, éste último término no se clarifica suficientemente, se tratará el concepto de centro de masa y se establecerá formalmente desde el punto de vista de su definición matemática y su significado físico. Se formaliza entonces la definición del centro de masa para un sistema de partículas y el contexto en el cual será utilizado. Se introduce además con el fin de ir

acostumbrando al estudiante a pensar en el caso más real de movimiento de los sistemas de partículas advirtiendo que la referencia a una partícula masa puntual constituye una idealización (Alonso 2003).

Dado que la definición del momentum lineal requiere la formalización del concepto de velocidad se introducen los conceptos de desplazamiento de una partícula. Se parte del caso tridimensional considerando como particulares los casos bidimensional y unidimensional. Se formaliza el concepto de velocidad insistiendo en la esencialidad de esta cantidad como el cambio instantáneo de la posición de una partícula o del centro de masa de un sistema de partículas respecto al tiempo.

Con el fin de definir el momentum angular e integrar la descripción del movimiento traslacional con el rotacional se aborda el movimiento general en un plano y se introducen las coordenadas polares. Aparecen entonces las velocidades radial y transversal y como interpretación de ésta última emerge la velocidad angular.

Con la intención de tender un puente inicial entre la mecánica clásica y la relativista se introduce en este momento el movimiento relativo haciendo el tránsito correspondiente de las transformaciones de Galileo a las transformaciones de Lorentz.

### 2.2.2 Leyes de Conservación del momentum lineal y del momentum angular

Se parte de las leyes de conservación como invariantes de la física. Estas se formulan para una partícula y para un sistema de partículas. De las leyes de conservación del momentum lineal y del momentum angular se obtienen las leyes de Newton las cuales aparecen como los cambios instantáneos con respecto al tiempo de las cantidades mencionadas respectivamente. La fuerza aparece como un concepto matemático que describe las interacciones entre cuerpos. Al llegar a este apartado se identificarán las diferentes interacciones que existen en la naturaleza.

El concepto de torque aparece asociado al de fuerza. En este punto se desarrolla todo lo relacionado con composición de fuerzas y torques sobre masas puntuales y sistemas de masas puntuales. Al considerar el caso particular en el cual la masa de la partícula o del sistema de partículas es constante aparecerá el cambio instantáneo con respecto al tiempo de la velocidad; se introduce entonces el concepto de aceleración. Esta última se considerará como una cantidad física esencial definida como el cambio instantáneo de velocidad con respecto al tiempo de una partícula o del centro de masa de un sistema de partículas; como cantidad vectorial que

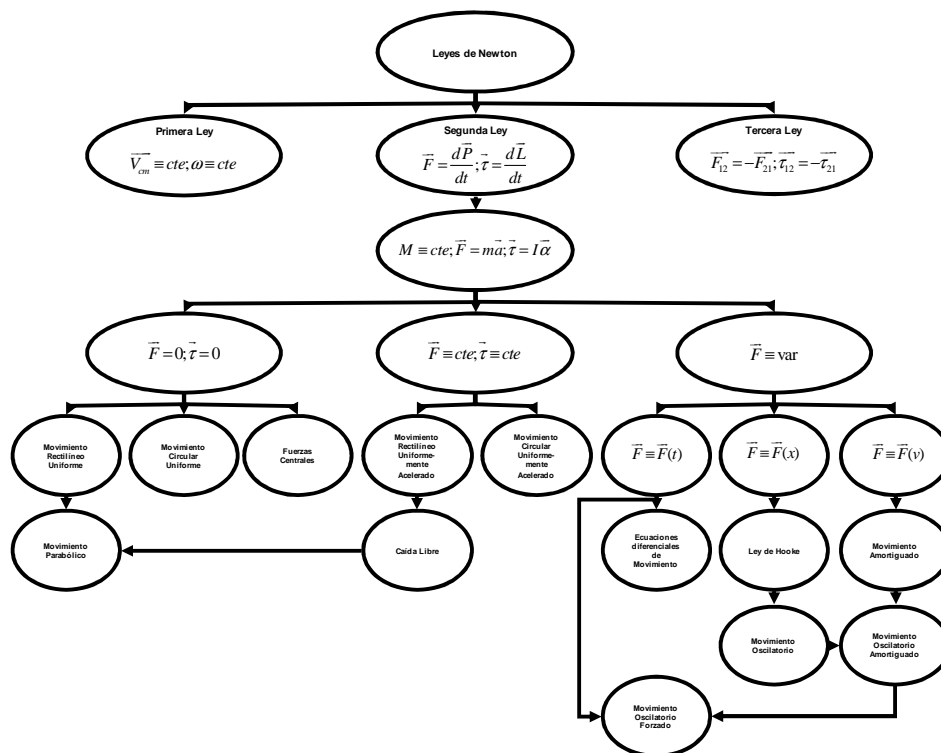
puede cambiar tanto de magnitud y dirección, aparecen las llamadas aceleración tangencial y aceleración transversal.

Al tratar el problema del movimiento curvilíneo general en un plano se introducen las coordenadas polares y a partir de la definición de aceleración emergen las llamadas aceleraciones radial y transversal y de esta última la aceleración angular.

Volviendo al concepto de fuerza entendido como concepto que describe el cambio instantáneo con respecto al tiempo del momentum lineal de una partícula y de un sistema de partículas y con la definición de aceleración, se hace énfasis en las leyes de Newton para el caso particular de sistemas cuya masa no cambia con el tiempo. En dependencia de si la fuerza resultante que resume las interacciones del cuerpo estudiado con otros cuerpos es nula, constante o variable se tendrán los conocidos movimientos aceleración cero, aceleración constante y aceleración variable. Ver figura 2.

Desde ese mismo punto de vista, en dependencia de si el torque resultante de las fuerzas consideradas es nulo, variable o constante resultan los respectivos movimientos de rotación.

Figura 2 Red Conceptual II



Si la fuerza es variable, la aceleración también lo será. De la definición de aceleración se encuentra la ecuación que da la velocidad de la partícula o del centro de masa del sistema de partículas en función del tiempo. Los casos que normalmente se tratan en un curso de física general tienen que ver con: a) La fuerza como función de la velocidad y se considera el caso de un cuerpo que mueve a través de un fluido viscoso. De la definición de aceleración se obtienen las correspondientes ecuaciones de movimiento. b) La fuerza como función de la posición y más específicamente la ley de Hooke cuya consecuencia es la aparición del movimiento armónico simple (m.a.s). De la integración de éstos dos casos aparecen las oscilaciones amortiguadas y el movimiento oscilatorio forzado.

En el caso más familiar para los estudiantes de fuerzas constantes, la aceleración será constante. De la definición de aceleración se encuentra el conocido movimiento uniformemente acelerado. Como caso especial se tendrá el movimiento de cuerpos bajo la acción de la gravedad cerca de la superficie terrestre despreciando la resistencia del aire.

Como caso particular del anterior en el cual la aceleración es cero se tendrá el conocido movimiento con velocidad constante. De la definición de velocidad se obtendrá la ecuación que da la posición en función del tiempo.

Como una combinación de los dos casos anteriores y considerándose un cuerpo sometido únicamente a la acción de la gravedad, cuyo centro de masa se mueve en un plano en el cual la velocidad inicial forma un ángulo con la horizontal entre 0 y 90 grados, se tiene el conocido movimiento de los proyectiles cerca de la superficie terrestre.

A partir del concepto de fuerza central se hará una primera introducción a la gravitación.

### 2.2.3 La energía y su conservación.

El tratamiento se hará simultáneamente para una partícula y para un sistema de partículas. Se hará énfasis en la conservación de la energía y sus posibilidades como alternativa para la descripción del movimiento. Se propondrán unas discusiones iniciales sobre la conservación del medio ambiente.

### 2.2.4 Algunas aplicaciones de las leyes de conservación.

Se incluirán en esta parte el movimiento de cuerpos rígidos, colisiones y una introducción general a los fluidos y a la termodinámica.

## 3. Conclusión

Como se puede ver el conjunto de leyes de conservación proporciona una metodología para estructurar el contenido del primer curso de física que se desarrolla en algunas de las universidades públicas de Colombia, con base en lo que se considera esencial de la mecánica, como una contribución a los requisitos de formación de un ingeniero según los retos del presente siglo.

## 4. Bibliografía

- [1] ADDINE, F. y otros (2001). Didáctica Teoría y Práctica. Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño IPLAC, La Habana, Cuba.
- [2] ALONSO, M. (1978). Física Vol. 1 Mecánica. Fondo Educativo Iberoamericano, Ciudad de México, México
- [3] ARELLANO, M. Problemática estructural de la ingeniería en la academia. Propuesta de solución. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Bogotá 2006
- [4] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA (ACOFI). Retos para la formación del ingeniero para el año 2020. XXVI reunión de facultades de ingeniería. Bogotá, 2006.
- [5] FUENTES, H. y otros (1997). Fundamentos Didácticos para un Proceso de Enseñanza-Aprendizaje Participativo. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F Gran" Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba
- [6] FUMAGALLI. L. Enseñar Ciencias Naturales. Editorial Paidós. Buenos Aires 1999.
- [7] NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING OF THE NATIONAL ACADEMIES. Educating the Engineer of 2020. National Academy of Sciences. Washington 2005.
- [8] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Revolución educativa altablero No 52. Bogotá 2009
- [9] RAMÍREZ R., R. y otros. Estudio diagnóstico sobre la enseñanza de la física i en la Universidad Tecnológica de Pereira. Revista Scientia et Technica. Año XV No. 41, 2009