

La Física en Ingeniería

La física es la ciencia que investiga los conceptos fundamentales de la materia, la energía, el tiempo y el espacio, las interacciones entre cuerpos, así como también las relaciones entre ellos. Sin los conocimientos que brinda el estudio de la física no existirían las bases para el desarrollo de cualquier ingeniería. Los productos que provienen de los trabajos de ingeniería se fundamentan en leyes descritas por la física. Por ejemplo: la telefonía está basada en las propiedades de las ondas electromagnéticas, el motor de un auto, en las leyes de la termodinámica, el transporte aéreo, en la ley de la conservación de la energía, la televisión digital, en las leyes de la mecánica cuántica, entre otros.

1. Referentes Nacionales

La enseñanza de la Física en las universidades nacionales se encuentra dentro la formación básica de todo ingeniero y forma parte de los estándares mínimos exigidos por el estado. Lo anterior se ve reflejado en el estudio realizado en los currículos de varios programas de ingeniería de algunas universidades nacionales e internacionales en los que el área de la física siempre estaba presente.

Como resultado del análisis realizado en los programas de las universidades nacionales se observa que el área de Física se imparte en todos y que su contenido está distribuido por semestres académicos en diversas formas: unas universidades presentan variedad en el número de semestres dependiendo del programa, por ejemplo para Ingeniería Electrónica lo presentan en cuatro semestres mientras que para Ingeniería de Sistemas sólo en dos. Otras universidades los distribuyen en tres semestres para todos sus programas. Esta distribución de contenidos del área, en la mayoría de los casos, se realiza en cinco temas, a saber:

- Física Mecánica
- Física de la Electricidad y Magnetismo
- Física de Fluidos y Termodinámica
- Física de Ondas

- Física Moderna.

Como componente común entre los currículos analizados, se tiene los contenidos de la Física Mecánica y de la Física de la electricidad y Magnetismo, los cuales se presentan en los semestres II y II respectivamente.

De igual forma, se observa que en la mayoría de las universidades estudiadas el número de semestres en los cuales se imparte estas asignaturas, no supera el número tres, lo que implica que se están combinación en un solo curso, por ejemplo Ondas y Moderna en un mismo semestre, Fluidos y Termodinámica con Ondas, Física de la Electricidad y Magnetismo con Ondas; pese a que la intensidad horaria (créditos) se mantiene igual. Lo anterior conlleva a que los temas estudiados tengan menos contenidos, comparados con los realizados completamente durante el semestre respectivo. (ver anexa).

La revisión curricular realizada permite afirmar que los subtemas que se estudian en los diferentes programas, tienen diferentes valoraciones. La física mecánica y la física de la electricidad y el magnetismo ocupan un 80% del estudio total del área, mientras que la física de los fluidos, ondas y moderna sólo el 20 %

2. Referentes internacionales

La física, como parte del grupo de formación en Ciencias Básicas, es relevante en los criterios para la acreditación de los programas de ingeniería, lo cual es destacado por el Accreditation Board for Engineering and Technology, en su definición: la Ingeniería es como "la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales obtenido por el estudio, la experiencia, y la práctica se aplica conscientemente para desarrollar maneras de utilizar, eficientemente, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el bien de la humanidad"(ABET, 2013).

La Reforma Académica de la FIME propone que el egresado de la facultad deberá contar con una sólida formación en conocimientos y habilidades del campo de las ciencias básicas (Rivera, 2001). Además, en la obra se muestra que el rol de la física en la formación del ingeniero tiene tres dimensiones particulares: la conceptual, la metodológica y la axiológica. La primera hace énfasis en los contenidos, la segunda al entrenamiento del

ingeniero para actuar en su disciplina y la tercera referida al desarrollo de actitudes y valores.

En general, el conocimiento de las ciencias naturales y la formación metodológica y axiológica resaltan la importancia de la enseñanza de la física en la formación del ingeniero.

En el análisis de los currículos internacionales, se encontraron parámetros comunes con las universidades nacionales, tales como la distribución de los contenidos de la Física en los cinco temas arriba mencionados y la realización de combinaciones temáticas como la Física de la Electricidad y el Magnetismo con la Física Termodinámica y la Física de Ondas con Física Moderna. Se destaca en los currículos internacionales la dedicación (créditos) se mantiene en cuatro y hasta cinco semestres, en contraste con la formación en Colombia que máximo tiene tres semestres, lo que puede ir en detrimento de la calidad de la educación que se imparte en nuestro país.

Se concluye, que tanto en las universidades nacionales como internacionales seleccionadas, los currículos en los programas de ingeniería analizados, abarcan contenidos muy similares en lo que respecta al área de la física, teniendo como componente común los contenidos en Física Mecánica y Física de la Electricidad y el Magnetismo. Los contenidos temáticos restantes como Termodinámica, Ondas y Física Moderna están distribuidos de acuerdo a las tendencias académicas de cada universidad, es decir, al liderazgo de un programa de ingeniería con respecto a los demás.

3. Competencias y dominios del EXIM: área de Física

La estructura de la prueba de Física del EXIM para ingeniería, está soportada en los dominios conceptuales y en las competencias genéricas y específicas definidas. Los dominios conceptuales se articulan con cada una de las competencias cognitivas consolidadas por ACOFI y que tienen varios criterios comunes con las definidas

por el Ministerio de Educación Nacional MEN. A continuación se presenta un cuadro que evidencia la relación existente entre las competencias tomadas por ACOFI para los exámenes EXIM en Matemáticas, Física, Química y Biología, con las competencias transversales del MEN para todos los niveles de formación.

Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

La abstracción es entendida como el proceso mediante el cual se determinan las características comunes a diferentes objetos o a sus relaciones. Está referido a la posibilidad de trabajar con las ideas independientemente de los objetos que están representados por ellas.

Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica

Esta competencia implica hacer transferencia del conocimiento o la habilidad adquirida a diversas situaciones.

Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas

Es la capacidad para dar solución a una situación, teniendo que construir todos los sistemas de representación necesarios para resolverla.

Finalmente, se tiene que las competencias genéricas de las pruebas EXIM articuladas con los dominios conceptuales reflejarán el estado cognitivo de los estudiantes en su etapa básica de aprendizaje en los programas de ingeniería.

En relación con los dominios conceptuales, se parte de la definición de que un concepto es una representación o construcción mental de un objeto, un proceso, una interacción y demás experiencias, que permite la comprensión de nuestro entorno. A partir de lo anterior, un dominio conceptual será entonces el conjunto de representaciones, de procesos, de modelamientos y de contexto, que teniendo sus diferentes expresiones, mantienen una identidad común entre ellas.

Entre las definiciones de campos o dominios conceptuales se tienen por ejemplo la del Psicólogo cognitivo francés Vernaud en su teoría de campos conceptuales (1990):

“un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones de pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición”. La del físico brasileño Moreira: “un conjunto de problemas y situaciones cuyo tratamiento requiere conceptos, procedimientos y representaciones de tipos diferentes, pero íntimamente relacionados”. Este erudito en la enseñanza de la física hace referencia a la evolución de los campos o dominios conceptuales con la siguiente afirmación:

“A la luz de la teoría de los campos conceptuales se percibe que el aprendizaje significativo es progresivo. Hay una relación dialéctica entre la conceptualización y el dominio de un campo conceptual. A medida que va dominando más situaciones, en crecientes niveles de complejidad, más conceptualiza el sujeto y viceversa, o sea, cuanto más conceptualiza, más situaciones domina. Y en esa dialéctica el aprendizaje se va haciendo cada vez más significativo, los subsumidores se quedan más elaborados, más ricos, más diferenciados y más capaces de dar significados a nuevos conocimientos”. Moreira (2004).

De igual forma se observan otros punto de vista en cuanto a la definiciones de estas premisas, por su parte Figueroa y Otero (2011) señalan que “La Nociones Fundamentales de la Teoría de Campos Conceptuales”, en donde se hace énfasis en la formación de los conceptos a través de la actividad experimental del individuo, el cual forma sus propios mapas mentales sobre la observación.

Teniendo presente estas definiciones y la relación cognitiva entre contenidos particulares en los que el estudio de la física ha tenido lugar a través de la historia, en donde, desde los tiempos de Nicolás Copérnico y Galileo Galilei (1540) con el estudios del movimiento de los astros, pasando por el enunciado de la leyes del movimiento de Isaac Newton (1687), los conceptos sobre el electromagnetismo de Michel Faraday y James Maxwell (1855), la teoría de la relatividad de Albert Einstein (1905), los modelos atómicos de Niels Bohr y Planck (1915) y las actuales comprobaciones sobre los postulados de la mecánica cuántica; se caracteriza por estar fundamentados en los siguientes cuatro pilares:

1. *Las leyes del movimiento.*
2. *Las leyes de conservación.*

3. Parámetros de Estado de un objeto o un sistema

4. Reglas de medición y modelos físico-matemáticos

a. Las Leyes del movimiento:

En la *Principia Mathematica*, obra de Isaac Newton en 1687, se realizan las primeras descripciones del movimiento como son los conceptos de velocidad, de fuerza motriz, de la relatividad, la importancia del tiempo y del espacio, entre otros. También en la obra se reconocen los trabajos de Galileo como por ejemplo la descripción del movimiento parabólico y la de aceleración. En esta obra se describen las bases del estudio del movimiento y que son las conocidas tres leyes de Newton.

Las leyes del movimiento describen la evolución temporal, espacial y térmica, de un objeto o sistema físico. Los conceptos que aquí se describen responden al comportamiento dinámico de un objeto o sistema sin tener presente la invarianza de sus parámetros antes o después del suceso. Este dominio conceptual está incluido en todos los temas en los que la física está subdividida (mecánica, fluidos, termodinámica, electricidad y magnetismo, ondas y moderna), lo que marca su relevancia en el aprendizaje del área.

A través del conocimiento y aplicación de Las leyes del movimiento, se construyen modelos físico-matemáticos que describen los cambios de estado que puede tener un cuerpo o sistema.

Este dominio conceptual responde a la pregunta:

¿Cómo se mueve un cuerpo, qué causa su cambio de movimiento y cuáles son las consecuencias de este cambio de movimiento?

Las leyes del movimiento abarcan contenidos generales como la cinemática de translación y de rotación de los cuerpos, la aplicación de la segunda ley de Newton para el análisis de la traslación y la rotación, el equilibrio en la traslación y en la rotación, la comprensión del movimiento ondulatorio, la aplicación de la segunda ley de la termodinámica, la aplicación de las leyes de Maxwell, las leyes de la radiación y las propiedades de las ondas electromagnéticas.

Como contenidos específicos incluidos en este dominio conceptual se tiene: la descripción del movimiento uniforme y uniformemente acelerado en una y dos dimensiones, el movimiento circular uniforme y acelerado, la causa de la aceleración centrípeta, el uso de los sistemas de referencia, el conocimiento de la ley de la gravitación Universal, la teoría de la relatividad, la descripción de la ecuación de onda, la diferencia entre ondas viajera y estacionarias, el proceso de amortiguamiento y el efecto de la resonancia, los osciladores armónicos, las aplicaciones del efecto Doppler, la visión de los tipos de interacción como las fuerzas de rozamiento, de resistencia al movimiento en un fluido, la fuerza elástica, empuje o principio de Arquímedes, la tensión, las interacciones eléctrica y magnética, el movimiento de péndulos, el análisis de la conductividad térmica y flujo de calor, la corriente eléctrica, las aplicaciones de las leyes de Ampere, de Lenz-Faraday, la interpretación de los fenómenos ópticos como la reflexión, refracción, interferencia, polarización, difracción y la transferencia de calor.

b. Las Leyes de Conservación

La ley de conservación de la masa o ley de Lomonósov-Lavoisier, es una de las primeras leyes de conservación enunciadas por Mijaíl Lomonósov en 1745 y por Antoine Lavoisier en 1785. Se puede enunciar como: En una reacción química ordinaria la masa permanece constante, es decir, la masa consumida de los reactivos es igual a la masa obtenida de los productos. La ley de la conservación de la energía surgió en el siglo XVII, con la búsqueda de leyes que reflejaran la indestructibilidad del movimiento del Universo. Se investigaron las transformaciones de energía durante procesos químicos y biológicos y se estableció que la suma total de todas estas formas de energía es constante: la energía, al igual que la materia, no se crea ni se destruye. Ya en los siglos XIX y XX se ha encontrado que energía y materia son mutuamente cambiables. Un momento clave en el desarrollo de los principios de conservación de la era moderna, es la demostración del equivalente mecánico del calor por James Joule, en donde la energía potencial gravitatoria de una masa que desciende era igual a la energía térmica obtenida

por el agua debido a la fricción con la paleta conectada al cuerpo que cae. Las leyes de conservación son la base de las aplicaciones prácticas de la física. En la evolución temporal, espacial o térmica de un sistema existen **simetrías abstractas o “medidas”** que permanecen invariantes en avances espaciales (conservación del momento lineal), avances temporales (conservación de la energía), rotacionales (conservación del momento angular) u otro tipo de simetrías abstractas (conservación de la carga eléctrica, el número leptónico, la paridad, etc.). Estas simetrías están definidas por el teorema de la matemática alemana Emmy Noether, quien expresa: “ cualquier simetría diferenciable, proveniente de un sistema físico, tiene su correspondiente ley de conservación”. Nina Byers 1998.

Como consecuencia de estas simetrías, este dominio abarca conceptos tan generales que contemplan a todos los fenómenos naturales y de ahí su relevancia en el estudio de procesos de evolución y/o transformación, que el estudiante de ingeniería debe tener siempre presente en el momento de diseñar y o dar solución a problemas de su quehacer profesional y de entorno.

Este dominio responde a la pregunta: ¿Qué parámetros permiten establecer relaciones entre objetos o sistemas antes y después de un cambio o evolución de estado?

Los contenidos generales de este dominio comprenden la conservación del momento lineal, la conservación del momento angular, la conservación de la energía mecánica, la conservación de la carga, la conservación de la masa, las leyes de conservación de algunas propiedades de las partículas atómicas.

Como contenidos específicos se tienen conceptos y definiciones que se involucran en el momento de describir una ley de conservación. Estos son: el impulso de una fuerza, la cantidad de movimiento que puede tener un cuerpo, el momento angular, las situaciones en las colisiones, el concepto de energía potencial y de energía cinética, el trabajo, la relación entre el trabajo y la energía, el concepto de calor, la primera ley de la termodinámica, el principio de continuidad, el principio de Pascal, el porqué del potencial eléctrico, las leyes de Kirchhoff y sus aplicaciones en circuitos simples como RC, RL y RLC, el principio de Bernoulli, el efecto fotoeléctrico, el efecto Compton y la Ecuación de Schrödinger.

c. Parámetros de Estado de un objeto o un sistema

Existe algo que nos permite identificar y distinguir un objeto o sistema de otro y es denominado "propiedad". Esta característica de los objetos o sistemas puede estar clasificada de diversas maneras: en generales y específicas, en extensivas e intensivas y en físicas y químicas.

Estas propiedades pueden estar relacionadas entre sí y es lo que determina el estado de un cuerpo.

El estado de un objeto o sistema es una situación física definida por parámetros, variables o propiedades medibles de un cuerpo o sistema que son susceptibles a cambiar en su evolución temporal-espacial o térmica. Este dominio abarca los parámetros intrínsecos y extrínsecos de un cuerpo o sistema y la relación entre las variables que los caracterizan.

Se entiende como definición del parámetro de un cuerpo o sistema, la relación matemática entre variables tanto intrínsecas como extrínsecas, que revelan las propiedades del cuerpo o sistema en un momento o espacio dado. Por ejemplo: la capacitancia de un condensador está definida como la relación entre la carga eléctrica que almacena y el potencial bajo el cual fue cargado. Los cambios de estas dos variables no cambian la propiedad intrínseca del condensador como lo es su capacitancia. El campo eléctrico de una carga puntual fija, sobre un punto en una posición determinada, está definida por una relación entre la carga y la posición de punto. Este campo eléctrico es una propiedad que tiene la carga puntual sobre dicho punto en un momento determinado. El centro de masa de un cuerpo o sistema en un momento dado, está definido por la distribución de masas con respecto a un punto y esta es una propiedad intrínseca del cuerpo o sistema que se verá refleja en su movimiento.

Este dominio responde a la pregunta: ¿Cuáles son los parámetros intrínsecos y extrínsecos que definen el estado de un objeto o sistema?

Los contenidos generales de este dominio comprenden la descripción de la posición de

un cuerpo, la inercia, el campo eléctrico de cargas discretas y continuas, la capacitancia, el campo magnético de conductores, la ley de Ohm, la inductancia, la ecuación de estado térmico, centro de masa, espectro electromagnético, la intensidad del sonido, y estados cuánticos.

Los contenidos específicos son: El estudio de los sistemas de coordenadas, la definición de masa, de carga, de densidad, el análisis del centro de masa, de momento de inercia, las definiciones de impedancia eléctrica, de capacitancia, de inductancia, el efecto de la resonancia (frecuencia natural, los conceptos de presión, temperatura, energía interna, escalas de temperatura, el calor específico, el calor latente, la viscosidad, los parámetros que rigen a los espejos y lentes, los conceptos de los números cuánticos.

d. Reglas de medición y modelos físico-matemáticos

A través de las reglas de medición, de normas de procedimientos y de bases conceptuales para la construcción de modelos, se realizan todos los procesos experimentales que se requieren, para obtener resultados más confiables en el análisis y estudio de situaciones que el ingeniero debe afrontar. La confiabilidad en los datos obtenidos está basada en el manejo estadístico de las mediciones realizadas, Acuña (2003). Además, con el modelamiento físico-matemático de situaciones problemáticas, se logra tener una idea más cercana a la realidad, Lischinky (2004) y se logra una aplicación más efectiva de las competencias arriba descritas. Por esto los conceptos que abarca este dominio le permite que el estudiante de ingeniería plantee modelos y evaluaciones confiables en la solución de situaciones problemáticas. Por ejemplo: un modelo vectorial de fuerzas le permite la observación cualitativa de un resultado, una regresión lineal aplicada sobre resultados experimentales le permite la interpretación de la dependencia entre las variables involucradas, una gráfica de velocidad contra tiempo facilita la deducción de parámetros de movimiento de manera inmediata, una gráfica de potencial eléctrico en función del tiempo pretende mostrar el comportamiento de dispositivos eléctricos, en Física Moderna, la incertidumbre en la medición de un parámetro con respecto a otro.

Este dominio responde a la pregunta: ¿Qué tan confiable son los resultados obtenidos en un experimento y cuál es el modelo físico-matemático mejor ajustado y aproximado a la realidad del proceso estudiado?

Los contenidos generales de este dominio comprenden sistemas y conversión de unidades, teoría de errores, distribuciones y tablas estadísticas, regresión lineal, diagramas de cuerpo libre, modelamiento a escala, el principio de Incertidumbre de Heisemberg.

Los contenidos específicos son: la definiciones de las unidades o patrones básicos, las unidades del sistema internacional, los métodos de conversión de unidades, las cifras significativas, la aplicación del algebra de vectores, la utilidad de las representaciones gráficas de relaciones dependientes del tiempo, del espacio, de los esfuerzos, de la temperatura y del voltaje, el comportamiento matemático (tendencias) entre parámetros intrínsecos y extrínsecos y el manejo de tablas estadísticas.

Los dominios conceptuales fragmentados de esta manera, proponen una visión simple y práctica de los conocimientos que se adquieran en el proceso de aprendizaje de la Física en ingeniería. Facilitan la ubicación de contenidos en el desarrollo de problemas y hacen que el ingeniero desarrolle competencias más pertinentes y coherentes con su quehacer profesional.