

**CONCEPTO DE FUERZA: UNA GRANDEZA VECTORIAL MOVILIZADA POR LA MECÁNICA Y BASE DE LOS CURSOS DE INGENIERÍA**

**CONCEITO FORÇA: UMA GRANDEZA VETORIAL MOBILIZADA PELA MECÂNICA E BASE DOS CURSOS DE ENGENHARIA**

**FORCE CONCEPT: A VECTOR GREATNESS MOBILIZED BY MECHANICS AND THE BASE OF ENGINEERING COURSES**



Viviane RONCAGLIO<sup>1</sup>  
e-mail: roncaglioiviviane@gmail.com



Cátia Maria NEHRING<sup>2</sup>  
e-mail: catia@unijui.edu.br



Isabel Koltermann BATTISTI<sup>3</sup>  
e-mail: isabel.battisti@unijui.edu.br

**Cómo hacer referencia a este artículo:**

RONCAGLIO, V.; NEHRING, C. M.; BATTISTI, I. Concepto de fuerza: Una grandeza vectorial movilizada por la mecánica y base de los cursos de ingeniería. **Revista Ibero-Americana de Estudios em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 00, e023010, 2023. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.16208>



- | **Presentado en:** 31/01/2022
- | **Revisiones requeridas en:** 23/05/2022
- | **Aprobado en:** 04/12/2022
- | **Publicado en:** 01/01/2023

---

**Editor:** Prof. Dr. José Luís Bizelli  
**Editor Adjunto Ejecutivo:** Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

<sup>1</sup> Universidad Regional del Noroeste del Estado de Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Miembro del GEEM. Doctorado en Educación de la Ciencias.

<sup>2</sup> Universidad Regional del Noroeste del Estado de Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Profesora. Líder del GEEM. Doctorado en Educación (UFSC).

<sup>3</sup> Universidad Regional del Noroeste del Estado de Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Ijuí – RS – Brasil. Profesora. Miembro del GEEM. Doctorado en Educación em las Ciencias (UNIJUÍ).

**RESUMO:** Esse estudo tem por objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, constituir um aporte teórico que possibilita a compreensão do conceito Força como uma grandeza vetorial, a partir do campo e das relações conceituais que o constituem. Para tanto, consideramos como material de análise as definições de força apresentadas em capítulos de livros da bibliografia básica das disciplinas de Física I e Mecânica Geral I de um Curso de Engenharia Civil. A fundamentação teórica que sustenta a escrita é a Teoria Histórico-Cultural. O percurso metodológico utilizado é a Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2016), a partir da qual constituímos as unidades de significado, as categorias e as proposições. A partir das análises realizadas, concluímos que a abordagem dada ao conceito força está fortemente relacionada a uma grandeza vetorial e às noções intuitivas de empurrar ou puxar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria histórico-cultural. Apropriação conceitual. Aprendizagem. Conceito matemático. Engenharia Civil.

**RESUMEN:** Este escrito tiene por objetivo, a partir de una revisión bibliográfica, constituir un aporte teórico que posibilite la comprensión del concepto Fuerza como una de las magnitudes vectoriales, desde el campo y las relaciones conceptuales que lo constituyen. Para ello, consideramos como material de análisis las definiciones de fuerza presentadas en capítulos de libros de la bibliografía básica de las asignaturas de Física I y Mecánica General I de una carrera de Ingeniería Civil. La fundamentación teórica que sustenta la escrita es la Teoría Histórico-Cultural. El enfoque metodológico utilizado es el Análisis Textual Discursivo de Moraes y Galiazzi (2016), a partir del cual constituimos las unidades de sentido, categorías y proposiciones. A partir de los análisis realizados concluimos que el abordaje aplicado al concepto de fuerza está fuertemente relacionado con una magnitud vectorial y las nociones intuitivas de empujar o tirar.

**PALABRAS CLAVE:** Teoría histórico-cultural. Apropiación conceptual. Aprendizaje. Concepto matemático. Ingeniería Civil.

**ABSTRACT:** This writing aims, from a bibliographic review, to constitute a theoretical contribution that makes possible the understanding of the Force concept as a vector quantity, from the field and the conceptual relationships that constitute it. In order to do so, we considered as material for analysis the force definitions presented in book chapters of the basic bibliography of the Physics I and General Mechanics I disciplines of a Civil Engineering Course. The theoretical foundation that supports this writing is the Historical-Cultural Theory. The methodological approach used is the Discursive Textual Analysis of Moraes and Galiazzi (2016), from which we constitute the units of meaning, categories and propositions. From the analyzes carried out, we concluded that the approach given to the force concept is strongly related to a vector quantity and the intuitive notions of pushing or pulling.

**KEYWORDS:** Historical-cultural theory. Conceptual appropriation. Learning. Mathematical concept. Civil Engineering.

## Introducción

La sociedad está en constante evolución, lo que posibilita la aparición de nuevas tecnologías y medios que permiten el acceso a cualquier tipo de información. Esto requiere habilidades/destrezas analíticas y de síntesis, para permitir que cada sujeto comprenda e intervenga en este contexto cada vez más complejo y, en consecuencia, cada vez más competitivo. El trabajo entendido como actividad humana (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021) requiere profesionales calificados con habilidades diversas, con conocimientos teóricos y prácticos esenciales para satisfacer las demandas de la sociedad contemporánea y, por lo tanto, se requiere una formación profesional calificada que satisfaga tales expectativas y necesidades. En esta perspectiva, la educación superior es un proceso formal de enseñanza responsable de la formación profesional, capaz de permitir el desarrollo de habilidades y destrezas que permitan al sujeto actuar de manera eficiente y consciente en diferentes realidades.

En los procesos de formación profesional, el Curso de Ingeniería Civil, foco de este estudio, necesita promover en los estudiantes el desarrollo de habilidades y destrezas específicas, enfocadas en su área de actividad, tales como: supervisión, coordinación y orientación técnica; estudio de viabilidad técnica y económica; asistencia, asesoramiento y consultoría; dirección de obra y servicio técnico; encuesta, peritaje, arbitraje, informe y opinión técnica; presupuestación; ejecución y finalización de trabajos y servicio técnico; desempeño del cargo y función técnica; realizar trabajos técnicos y realizar equipos de instalación, montaje, operación, reparación o mantenimiento; ejecución técnica de planos (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021). Estas habilidades requieren conocimientos teóricos y prácticos que deben ser aprendidos por los futuros ingenieros durante el curso de la formación profesional.

La relación del sujeto con la realidad que abarca su profesión no es una relación directa, está mediada por diferentes conceptos aprehendidos a partir de procesos que involucran significado. La apropiación de tales conceptos amplía fuertemente las condiciones de la constitución profesional del sujeto. En el caso de la profesión de ingeniero, destacamos dos ciencias fundamentales, Matemáticas y Física, siendo los conceptos discutidos por tales ciencias básicas del estudio de la Ingeniería. En matemáticas, el Concepto Vectorial se trata con enfoques del campo de la aritmética, la geometría y el álgebra. En física, el concepto Fuerza es una magnitud vectorial que requiere un módulo, una orientación y una dirección para ser representada, es decir, necesita el Concepto Vectorial para su representación. Estas dos ciencias

se correlacionan entre sí, la física utiliza las matemáticas como una herramienta que permite explicar y/o representar fenómenos físicos, como es el caso del concepto de Fuerza y el Concepto Vector.

En este sentido, considerando las atribuciones de un curso de educación superior, así como la importancia de la aprehensión de conceptos científicos, como elementos mediadores, por parte de los estudiantes, los conceptos que integran el currículo de las disciplinas necesitan ser entendidos con y desde el campo y las relaciones jerárquicas de las que forman parte.

En vista de lo anterior, el presente escrito, que forma parte de una investigación más amplia, tiene como objetivo: constituir una contribución teórica que permita la comprensión del concepto Fuerza, como vector magnitud, desde el campo y las relaciones conceptuales que lo constituyen. Este objetivo se delimita a partir de la siguiente pregunta: ¿Cuál es el enfoque dado al concepto Fuerza en los libros de la bibliografía básica de las disciplinas Física I y Mecánica General I, que introducen y discuten este concepto en los Cursos de Ingeniería?

## **La apropiación de conceptos desde la perspectiva histórico-cultural**

Partiendo del enfoque histórico-cultural, entendemos el conocimiento como resultado de la actividad humana en experiencias con el entorno físico y social, y que el aprendizaje humano tiene así un carácter social. En esta perspectiva, el aspecto social y la apropiación de conceptos científicos por parte de los sujetos son extremadamente importantes, ya que el desarrollo humano depende de las interacciones establecidas mediadas por signos e instrumentos.

Cuando el sujeto se apropia del significado de un concepto científico, la relación que establece con él está mediada por otros conceptos. En la perspectiva histórico-cultural, un concepto no se forma solo, sino en relación con otros, insertado en un sistema conceptual. Para Vigotsky (2008, p. 104, nuestra traducción):

[...] Un concepto es más que la suma de ciertas conexiones asociativas formadas por la memoria, es más que un simple hábito mental; Es un acto de pensamiento real y complejo que no se puede enseñar a través del entrenamiento, y solo se puede realizar cuando el propio desarrollo mental del niño ya ha alcanzado el nivel necesario.

En esta perspectiva, el significado de un concepto está estrechamente relacionado con los procesos de abstracción y generalización y corresponde a la evolución de los niveles de aprehensión y significado de las palabras. La apropiación de conceptos ocurre a través de

abstracciones y generalizaciones, que están relacionadas con la movilización de diferentes tipos de representación de un concepto expresado por un sistema de signos. Para Vigotski (2008, p. 104, nuestra traducción), un concepto expresado por una palabra representa un acto de generalización.

Cuando el niño se apodera de una nueva palabra, su desarrollo apenas ha comenzado: la palabra es principalmente una generalización del tipo más primitivo; A medida que el intelecto del niño se desarrolla, es reemplazado por generalizaciones de un tipo cada vez más alto, un proceso que eventualmente conduce a la formación de conceptos verdaderos. El desarrollo de conceptos, o significados de palabras, presupone el desarrollo de muchas funciones intelectuales: atención deliberada, memoria lógica, abstracción, capacidad de comparar y diferenciar.

Así, la apropiación del significado de un concepto por parte del académico implica el desarrollo de funciones mentales superiores y estas están relacionadas con la estructura del concepto, su formación, el significado producido en diferentes contextos y el establecimiento de relaciones conceptuales. La apropiación por parte del estudiante de ingeniería del concepto vectorial expande las condiciones de atribución de nuevos significados a su mundo, es decir, al contexto de la profesión, amplía sus horizontes de percepciones y permite modificar la forma de interacción con la realidad que la rodea. Esta interiorización o apropiación del concepto por parte del alumno se produce de afuera hacia adentro, de lo social a lo individual, siendo un proceso complejo que requiere una interacción deliberada e intencional. No basta con presentar el concepto al estudiante, necesita comprender el contexto histórico y cultural, significa apropiarse de las experiencias sociales históricamente construidas por la humanidad. Una vez interiorizado, este concepto forma parte de las adquisiciones del desarrollo de los sujetos, y puede convertirse en una herramienta de su pensamiento. En la Teoría Histórico-Cultural, la apropiación de conceptos implica "[...] la reconstrucción interna de una operación externa" (VIGOTSKY, 1994, p. 74, nuestra traducción), que consiste en una serie de transformaciones, que son:

- a) Una operación que inicialmente representa una actividad externa se reconstruye y comienza a ocurrir internamente. Es de particular importancia para el desarrollo de procesos mentales superiores a la transformación de la actividad que utiliza signos, cuya historia y características se ilustran con el desarrollo de la inteligencia práctica, la atención voluntaria y la memoria.
- b) un proceso interpersonal se transforma en un proceso intrapersonal. Todas las funciones en el desarrollo del niño aparecen dos veces: primero, a nivel social, y luego a nivel individual; Primero, entre personas (interpsicológico), y luego dentro del niño (intrapsicológico). Esto también se aplica a la atención voluntaria, la memoria lógica y la formación de conceptos. Todas las

funciones superiores se originan en las relaciones reales entre los individuos humanos.

c) La transformación de un proceso interpersonal en un proceso intrapersonal es el resultado de una larga serie de eventos que ocurrieron a lo largo del desarrollo. El proceso, transformándose, continúa existiendo y cambiando como una forma externa de actividad durante un largo período de tiempo, antes de interiorizarse permanentemente (VIGOTSKY, 1994, p. 75, nuestra traducción).

En el curso de este proceso, hay aprendizajes que permiten transformaciones en las funciones psíquicas superiores y, en consecuencia, el desarrollo del sujeto. El aprendizaje aquí se considera fundamental para el proceso de desarrollo de funciones psicológicas superiores; para Vigotsky (1994, p. 108, nuestra traducción), el aprendizaje genera desarrollo: "Aprender es más que adquirir la capacidad de pensar; es la adquisición de muchas capacidades especializadas para pensar en varias cosas". En este sentido:

[...] El aprendizaje no es desarrollo; Sin embargo, el aprendizaje adecuadamente organizado da como resultado el desarrollo mental y pone en marcha varios procesos de desarrollo que de otro modo serían imposibles de suceder. Por lo tanto, el aprendizaje es un proceso de desarrollo de funciones psicológicas culturalmente organizadas y específicamente humanas (VIGOTSKY, 1994, p. 118, nuestra traducción).

Según Vigotsky (1994), el aprendizaje es un aspecto necesario para el desarrollo de funciones psicológicas superiores, que están organizadas por la cultura y se caracterizan como específicamente humanas. Así, el desarrollo humano está intrínsecamente relacionado con la interacción sociocultural del hombre, es decir, la formación de la psique humana, de las capacidades mentales, afectivas y psicomotoras, antes de ser desarrolladas por el hombre, ya están disponibles en la sociedad, a través de la cultura. Por lo tanto, se impide que el desarrollo ocurra en ausencia de situaciones propicias para el aprendizaje: requiere una acción pedagógica intencional, el aprendizaje se produce a partir de interacciones con el otro. Sin embargo, vale la pena mencionar que el aprendizaje resulta en el desarrollo del sujeto cuando moviliza operaciones mentales superiores, basadas en procesos de análisis y síntesis, en diferentes contextos.

## Procedimientos metodológicos

La investigación aquí presentada se constituye a partir del marco metodológico del Análisis Textual Discursivo - ATD - de Moraes y Galiazzi (2016). ATD está estructurado en tres etapas, unitarización, categorización y metatexto. La primera etapa de ATD, la unitarización, es el movimiento inicial del análisis, que requiere una lectura cuidadosa y profunda de los datos. Está marcado por el trastorno, el momento de la deconstrucción de los datos, en el que el investigador al analizar los datos realiza diversas interpretaciones. De este movimiento emergen las unidades de significado.

Consideramos, como material de análisis, las definiciones presentadas en capítulos de los libros de la bibliografía básica propuesta en el Plan Docente de las disciplinas de Física I y Mecánica General I, del Curso de Ingeniería Civil de la institución en la que la primera autora desarrolló sus estudios de doctorado y que los otros dos investigadores actúan como profesores. La Tabla 1 presenta estas bibliografías.

Se optó por analizar capítulos de libros, considerando que este es un instrumento que sirve de guía para el profesor y como recurso en el aprendizaje de los estudiantes. Los libros enumerados en la bibliografía básica tienen el significado de guiar al maestro en lo que se propondrá, su énfasis, enfoque en la disciplina, y pueden presentar elementos que apoyen la organización de la enseñanza. Para los estudiantes, ciertamente amplía las condiciones de estudio, involucrando los conceptos estructurantes y los procedimientos necesarios para su formación.

Consideramos las disciplinas de Física I y Mecánica General I porque inician discusiones sobre Mecánica y sobre el concepto Fuerza en el Curso de Ingeniería Civil, además, la disciplina de Mecánica General I es la primera disciplina específica de los Cursos de Ingeniería que moviliza el Concepto Vectorial. Vale la pena mencionar que tales disciplinas forman parte del plan de estudios de todas las Ingenierías Universitarias consideradas en este estudio, denominándose disciplinas del núcleo común, o disciplina del núcleo básico de estos cursos.

En esta producción, estamos considerando las definiciones y conceptos presentados en los libros de la bibliografía básica de ambas disciplinas, mencionadas anteriormente, relacionadas con el concepto Fuerza. Desde esta perspectiva, entendemos que es posible

elaborar una contribución teórica que permita la comprensión de este concepto como una magnitud vectorial, desde el campo y las relaciones conceptuales que lo constituyen.

**Tabla 1** - Referencia de los libros de Física I y Mecánica General I, analizados en esta producción

Disciplinas	Bibliografías
Física I	<b>Livro F1:</b> HALLIDAY, D.; RESNICK, R. <b>Fundamentos de Física:</b> Mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
	<b>Livro F2:</b> NUSSENZVEIG, H. M. <b>Curso de Física Básica 1:</b> Mecânica. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
	<b>Livro F3:</b> YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. <b>Sears e Zemansky – Física 1:</b> Mecânica. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.
Mecánica General I	<b>Livro M1:</b> BEER, F. P. et al. <b>Mecânica vetorial para engenheiros:</b> estática. Porto Alegre: AMGH, 2012.
	<b>Livro M2:</b> HIBBELER, R. C. <b>Estática:</b> Mecânica para Engenharia. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2015.
	<b>Livro M3:</b> MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. <b>Mecânica para Engenharia:</b> estática. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.

Fuente: Producción de investigación

A partir del análisis realizado en este primer movimiento, en la unitarización de los datos, definimos las siguientes unidades de significado, *Mecánica - principios y conceptos fundamentales de Mecánica y Fuerza - concepto fundamental de mecánica*. Después de definidas, se definen las unidades de significado, llegamos a la segunda etapa de la ATD, la categorización, donde se lleva a cabo un movimiento constructivo.

La categorización es un tiempo de síntesis y organización de un conjunto de información relacionada con los fenómenos investigados. Estas síntesis son las teorizaciones del investigador, producidas desde perspectivas teóricas implícitas de los sujetos de investigación y del propio investigador, siempre en diálogo con otros teóricos. Requieren mejora continua, adecuación y refinamiento a lo largo del proceso de análisis y producción escrita. El proceso de categorización constituye una estrategia de movimiento de investigación que va de lo empírico a lo abstracto, a partir de datos recogidos para las teorías construidas o reconstruidas por el investigador (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 112-113, nuestra traducción).

En otras palabras, considerando este marco metodológico, se producen las categorías de análisis que dieron cuerpo a este estudio. El Gráfico 2 presenta la unidad de significado y las categorías considerando la referencia ATD, y para examinar mejor la intención de la investigación, también se presentan las proposiciones (tercera etapa del ATD), definidas a partir del *corpus* analizado. La proposición se estructura a partir de la captura de lo emergente en el que se comunica y valida la nueva comprensión, considerando la relación empírica/teoría. Es la construcción de un metatexto por parte del investigador haciendo consideraciones en relación

con las categorías de análisis que ha construido y las unidades de significado identificadas en los datos producidos. Es un escrito que busca presentar de manera clara y objetiva la comprensión del investigador en relación con el análisis de datos relacionados con la fundación que sustenta el estudio.

**Tabla 2** - Unidades de significado, categorías y proposiciones del corpus

Unidades de significado	Categorías	Proposiciones
Mecánica - principios y conceptos fundamentales de la Mecánica.	La mecánica como rama de la física.	Mecánica: una rama de la física que moviliza la fuerza vectorial.
Fuerza - concepto fundamental de la mecánica.	Enfoque conceptual de la fuerza en libros de la bibliografía básica de la disciplina de Física I.	El concepto fuerzas integra un sistema conceptual. Vector, una herramienta matemática para la representación de la fuerza.

Fonte: Produção da pesquisa

## **Mecánica: principios y conceptos fundamentales**

### **La mecánica como rama de la física**

En esta categoría, buscamos llevar la comprensión de la Mecánica desde el enfoque dado en los libros de la bibliografía básica de la disciplina Mecánica General I, la primera disciplina específica de los Cursos de Ingeniería que discute la Fuerza y que consecuentemente moviliza al Vector. Además, se discuten conceptos fundamentales relacionados con la Ingeniería que se abordan en otras disciplinas específicas del curso. Con este fin, presentamos discusiones basadas en la siguiente proposición: "Mecánica – una rama de la física que moviliza la fuerza de magnitud vectorial".

### **Mecánica: una rama de la física que moviliza la fuerza vectorial**

La mecánica se puede definir como una rama de la física que describe y predice las condiciones de descanso o movimiento de los cuerpos bajo la acción de las fuerzas. Se puede entender a partir de la mecánica de cuerpos rígidos, la mecánica de cuerpos deformables y la mecánica de fluidos. La mecánica de los cuerpos rígidos se subdivide en dos partes, estática y dinámica. La estática estudia los cuerpos en reposo, siendo una parte esencial de la mecánica, ampliamente utilizada por los ingenieros, ya que se aplica en situaciones que implican, por ejemplo, el cálculo del peso que una grúa puede levantar, o bien el cálculo de la fuerza sobre

un punto en un puente y si su estructura puede soportar dicha fuerza, o para determinar la fuerza ejercida por el agua que una presa en un río necesita soportar, o cuánta fuerza necesita una locomotora para detener un tren de carga, entre otras aplicaciones. La dinámica, por otro lado, estudia cuerpos en movimiento, como diseñar un edificio para resistir terremotos, o calcular cuánta fuerza se necesita para acelerar un crucero de 300,000 toneladas o la fuerza para poner un satélite en órbita. En la mecánica de cuerpos rígidos, los cuerpos considerados son perfectamente rígidos, es decir, no sufren ningún tipo de deformación (BEER *et al.*, 2012).

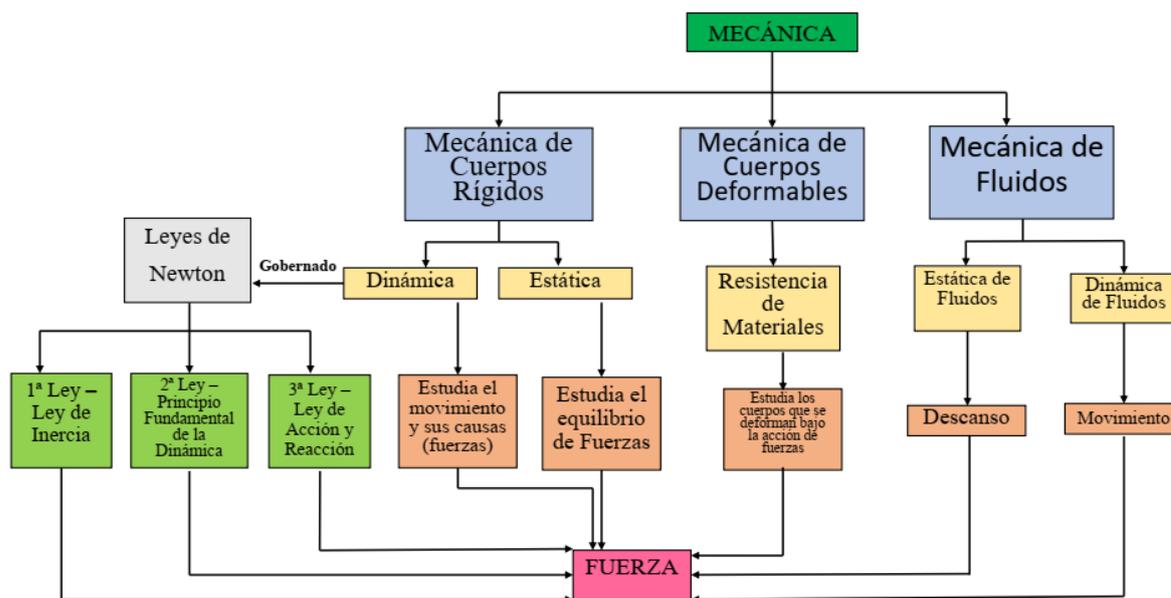
La mecánica de los cuerpos deformables estudia los cuerpos que se deforman bajo la acción de la fuerza. Es la parte de la mecánica que analiza estructuras y materiales, considerando la resistencia bajo fuerzas o cargas que pueden causar deformaciones. La mecánica de fluidos se subdivide en estática de fluidos, que estudia el comportamiento de los fluidos a desplazamiento y velocidad constantes, es decir, en reposo, y dinámica de fluidos, que estudia el comportamiento de los fluidos en movimiento. Esta parte de la mecánica estudia situaciones del tipo equilibrio de cuerpos flotantes – embarcaciones, o acción del viento en construcciones civiles, o cálculo de instalaciones hidráulicas – instalación de recalque en edificios, o instalaciones de vapor – calderas, o incluso acciones de fluidos en superficies sumergidas – presas, entre varias otras situaciones. En Ingeniería Civil, es la base del estudio del transporte y los fenómenos hidráulicos.

Según Beer *et al.* (2012), el propósito de la mecánica es explicar y predecir fenómenos físicos, estableciendo las bases o herramientas para aplicaciones en ingeniería. Los conceptos básicos utilizados en mecánica son espacio, tiempo, masa y fuerza, de los cuales destaca el concepto Fuerza (foco de este estudio), una magnitud vectorial, en general, definida por las bibliografías analizadas, como una acción de un cuerpo sobre otro. Puede ejercerse por contacto directo o distancia, y se caracteriza por su intensidad, el punto de aplicación y su dirección, representada por un vector. La fuerza es un concepto físico fundamental en el estudio de la mecánica, una rama esencial en los cursos de ingeniería. Meriam y Kraige (2013, p. VII, nuestra traducción) contribuyen a la discusión señalando que el objetivo:

[...] fundamental del estudio de la Mecánica en Ingeniería es desarrollar la capacidad de predecir efectos de fuerzas y movimientos al realizar es creativas de diseño de ingeniería. Esta habilidad requiere más que el simple conocimiento de los principios físicos y matemáticos de la mecánica; También se requiere la capacidad de visualizar configuraciones físicas en términos de materiales reales, restricciones reales y limitaciones prácticas que guían el comportamiento de máquinas y estructuras.

Es decir, el estudio de la mecánica involucra una gama de conceptos que son necesarios para su comprensión, una red de conceptos articulados a partir de relaciones, que definen y, cuando se consideran, amplían las condiciones de apropiación de dicho conocimiento por parte de los sujetos que lo investigan, como se indica en la Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de relaciones en el estudio de la mecánica en los cursos de ingeniería



Fuente: Preparada por las autoras

El mapa de las relaciones constitutivas de una red conceptual presentado en la Figura 1 marca un punto importante abordado por la fundamentación teórica de este estudio, que sostiene que un concepto se forma a partir de la relación con otros, siendo insertado en un sistema conceptual, porque un concepto nunca se constituye solo, de manera aislada o fragmentada. Es decir, el mapa presenta, en forma de síntesis, las relaciones observadas en el estudio de la mecánica, desde la perspectiva del Curso de Ingeniería. Cabe mencionar que la construcción del mapa se basó en el análisis de los libros de la bibliografía básica de la disciplina Mecánica General I.

El mapa de las relaciones en el estudio de la mecánica en los cursos de ingeniería deja clara la importancia de la comprensión y apropiación de la fuerza de magnitud vectorial para el trabajo con las definiciones de mecánica. Comprender esta grandeza es fundamental porque la mecánica esencialmente explora situaciones que involucran fuerza. En este sentido, la siguiente categoría de análisis busca presentar esta magnitud vectorial, que es un concepto físico, desde la física, que se encarga de introducir conceptos básicos y esenciales en los cursos de ingeniería.

## Fuerza: concepto fundamental de la mecánica

### Enfoque conceptual de la fuerza en libros de la bibliografía básica de la disciplina física I

Esta categoría presenta definiciones relacionadas con el concepto Fuerza abordado en libros de la bibliografía básica de la disciplina de Física I. Entendemos que la forma en que este concepto se presenta en algunos capítulos de los libros de esta disciplina interfiere significativamente en el proceso de aprehensión conceptual por parte de los estudiantes, recordando que dicha disciplina es responsable de la introducción de conceptos básicos que se exploran en el estudio de la mecánica y, en consecuencia, en diversas disciplinas. cursos de ingeniería, especialmente en cursos de ingeniería civil. Para ello, presentamos la discusión a partir de dos proposiciones: la primera el concepto fuerzas integra un sistema conceptual, y la segunda Vector, una herramienta matemática para la representación de la fuerza.

### El concepto fuerzas integra un sistema conceptual

Considerando los análisis realizados para identificar las definiciones presentadas para el concepto fuerza, encontramos en el libro F1 la mención inicial de fuerza presentada de la siguiente manera:

Definamos ahora la unidad de fuerza. Sabemos que una fuerza puede hacer que un cuerpo acelere. Por lo tanto, definimos la unidad de fuerza en términos de la aceleración que una fuerza imprime a un cuerpo de referencia [...]. A este cuerpo se le asignó, exactamente y por definición, una masa de 1 kg. Colocamos el cuerpo estándar sobre una mesa horizontal sin fricción y tiramos de él hacia la derecha hasta que, por ensayo y error, adquiere una aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>. Entonces declaramos, a modo de definición, que la fuerza que estamos ejerciendo sobre el cuerpo estándar tiene un módulo de 1 newton (1N). Una fuerza se mide, por lo tanto, por la aceleración que produce. Sin embargo, la aceleración es una magnitud vectorial porque tiene un módulo y una orientación. ¿Es la fuerza también un vector de grandeza? Podemos asignar fácilmente una guía a la fuerza (simplemente asignarle la guía de aceleración), pero eso no es suficiente. Debemos probar experimentalmente que las fuerzas son cantidades vectoriales. En realidad, eso se hizo hace mucho tiempo. Las fuerzas son realmente cantidades vectoriales: tienen un módulo y una orientación y se combinan de acuerdo con las reglas del vector (HALLIDAY; RESNICK, 2012, p. 92, nuestra traducción).

En el libro F1, el concepto Fuerza está relacionado con la aceleración de un cuerpo, que se produce, en el caso específico presentado por el libro, por un "empuje" y la idea de grandeza vectorial. Además de la noción intuitiva de Fuerza, el libro presenta un enfoque conceptual

definiendo este concepto como una grandeza vectorial y destacando que el trabajo con estas cantidades sigue reglas vectoriales, es decir, desde un enfoque matemático. Este hecho marca nuestra comprensión de la necesidad del concepto vectorial como un objeto matemático a considerar en las relaciones de la fuerza de magnitud vectorial.

El libro F2 presenta el concepto desde una relación con la idea intuitiva del esfuerzo muscular, es decir, una forma de definir la Fuerza, considerando que es un concepto universal y que puede tener numerosas interpretaciones.

[...] Todos sabemos por experiencia que el movimiento se ve afectado por la acción que a menudo llamamos "fuerzas". Nuestra idea intuitiva de las fuerzas está relacionada con el esfuerzo muscular, y sabemos que al ejercer "fuerzas" de este tipo, podemos poner objetos en movimiento o, más generalmente, cambiar su estado de movimiento. [...] Una fuerza produce efectos diferentes según la dirección y la dirección y la que se aplica, lo que sugiere una representación de tipo vectorial (NUSSENZVEIG, 1981, p. 89-90, nuestra traducción).

Como podemos observar, en el libro F2, esto establece una relación con las comprensiones intuitivas del concepto, además del enfoque conceptual cuando trae los elementos constitutivos de la grandeza vectorial (dirección y dirección), destacando la necesidad del concepto Vector para la representación de la Fuerza, "una representación del tipo vectorial". F3 relaciona el concepto de Fuerza con la idea de esfuerzo muscular, tirar o empujar. Además, señala que tal concepto es una grandeza vectorial, después de todo podemos empujar o tirar de un objeto en diferentes posiciones, lo que marca un enfoque conceptual.

En el lenguaje cotidiano, ejercer una fuerza significa tirar o empujar. Una mejor definición es que una fuerza es una interacción entre dos cuerpos o entre el cuerpo y su entorno. Por lo tanto, siempre nos referimos a la fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro. Cuando empujas un coche tirado en la nieve, ejerces una fuerza sobre él; un cable de acero ejerce una fuerza sobre la viga que sostiene en una construcción; y así sucesivamente. [...] la fuerza es una magnitud vectorial; puede empujar o tirar de un cuerpo en diferentes direcciones (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 106, nuestra traducción).

Ambos conceptos presentados en los libros no presentan una definición formal para el concepto físico: la noción conceptual de lo que significa Fuerza no está incluida en los libros analizados. Lo que los libros presentan son ideas que constituyen la fuerza conceptual, como la idea de grandeza vectorial, de necesidad de dirección, dirección e intensidad, elementos que constituyen el sistema conceptual.

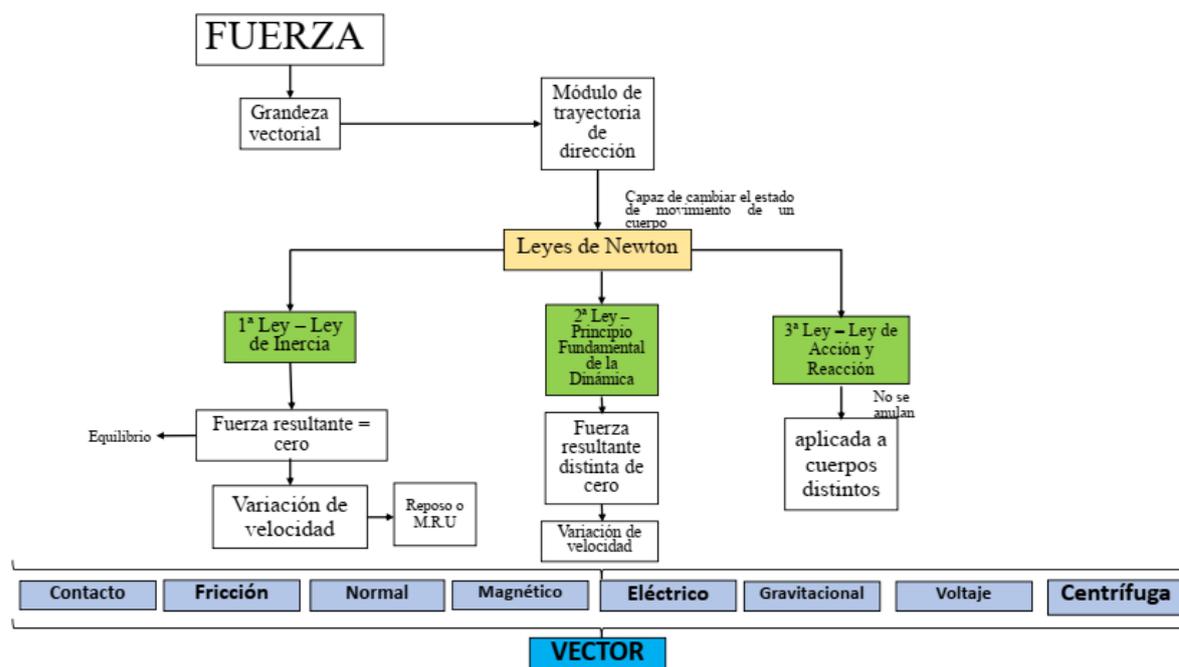
Las relaciones presentadas parten de una noción intuitiva de un esfuerzo que genera un movimiento de un cuerpo u objeto, como empujar y tirar. La fuerza es un concepto científico,

en el área de la física, es una acción que causa movimiento: aceleración, desplazamiento de objetos o deformaciones. Además, hay varios tipos de fuerza, como fuerza normal, fricción, aunque fuerza, fuerza de tensión, fuerza centrípeta, fuerza inercial, entre otros que la física considera.

Los tres libros, al referirse al concepto Fuerza, lo relacionan con una magnitud vectorial, es decir, la Fuerza se define según su módulo (representa su intensidad), dirección (direcciones en las que se aplican las fuerzas) y dirección (positiva, negativa, arriba y abajo, derecha e izquierda...). Citan las leyes de Newton como las leyes que definen el comportamiento de las fuerzas: la primera Ley – Ley de Inercia (si un cuerpo está en reposo tiende a permanecer en reposo, si está en movimiento tiende a permanecer en movimiento con velocidad constante), la segunda Ley – Principio Fundamental de la Dinámica (la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es igual al producto de la aceleración de un cuerpo por su masa) y la tercera Ley – Ley Acción y Reacción (las fuerzas de acción y reacción siempre tienen el mismo módulo y actúan en la misma dirección, pero presentan direcciones opuestas).

Las Leyes de Newton describen las causas que pueden alterar el estado de movimiento de un cuerpo y se configuran como base para la comprensión de la Mecánica, una rama de la física responsable de los estudios de los movimientos, como vimos en el ítem. Además, destacamos aquí de nuevo a la Fuerza como agente responsable de cambiar el estado de movimiento de un cuerpo, cambiando su velocidad. Es decir, la Fuerza es un concepto central en la física, es a partir de ella que muchos fenómenos físicos pueden ser analizados y mejorados, y en consecuencia contribuyeron significativamente para que la humanidad pudiera evolucionar. Es un concepto básico para el estudio de gran parte de la física y, al igual que otros conceptos, también forma parte de un sistema conceptual, como se muestra en la Figura 2 a continuación.

**Figura 2** – Mapa de relaciones en el estudio de la fuerza en la disciplina física I



Fuente: Preparado por las autoras

El concepto Fuerza permitió el surgimiento de las Leyes de Newton y se basa en el estudio de la Mecánica, es una magnitud vectorial, y para ser representada, necesita el concepto matemático Vector: solo es posible representar la fuerza usando Vector. Los conceptos discutidos en los libros aquí analizados y que fueron la base para la construcción del mapa conceptual, al presentar este concepto, hacen esta relación, resaltan la Fuerza como una magnitud vectorial y sugieren una representación del tipo vectorial, es decir, a partir de vectores.

En general, la Fuerza es un concepto físico, una grandeza vectorial, fundamental en física y la base del estudio de la Mecánica. Se moviliza en mecánica para explorar situaciones y/o analizar fenómenos, además de permitir definir variables y resolver problemas. Sin embargo, esto sólo es posible a través de la representación geométrica o algebraica del concepto de Fuerza. Es decir, a través del Vector, considerando la representación geométrica y/o algebraica de situaciones que involucran Fuerza, es posible explorar, analizar, definir variables, encontrar el problema y/o señalar soluciones. Así, Vector es un concepto esencial en este proceso, es el concepto que permite la representación de situaciones que involucran Fuerza.

Por eso decimos que la Fuerza es un concepto físico basado en la mecánica y que necesita del Vector, un concepto matemático que permite, a través de su representación geométrica, que ocurra este proceso de representación geométrica de la Fuerza. Para

comprender mejor este concepto matemático y su importancia en el proceso de formación profesional del ingeniero, el siguiente es un elemento que trata el concepto de vector como una herramienta matemática para la representación de la fuerza.

## Vector, una herramienta matemática para la representación de la fuerza

Vector es un concepto matemático que según el estudio ya desarrollado (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021), se discute inicialmente en la disciplina de Geometría Analítica y Vectores o bien en la disciplina de Álgebra Lineal, siendo estas las disciplinas responsables de introducir este concepto en la educación superior, especialmente en los cursos de las áreas de Ciencias Exactas, como Matemáticas e Ingeniería. Este concepto se explora en los primeros semestres de los cursos, generalmente en el segundo o tercer semestre. Roncaglio, Battisti y Nehring (2021), corroboran la discusión presentando una tabla con disciplinas de cursos de ingeniería (Civil, Eléctrica y Mecánica) que introducen el concepto Vector. La tabla presentada por las autoras refuerza la idea de un núcleo común de disciplinas que discuten e introducen el concepto Vector, y marcan este concepto como básico en la formación profesional.

En este sentido, en la investigación (RONCAGLIO; BATTISTI; NEHRING, 2021) la idea de Vector se refuerza como concepto base fundamental para la formación profesional del Ingeniero, ya que destaca las disciplinas específicas del Curso de Ingeniería Civil que moviliza Vector. Además, algunas de las disciplinas mencionadas en este artículo forman parte del núcleo común de los cursos y, por lo tanto, apuntan a la movilización de este concepto en todos los cursos de ingeniería. Por lo tanto, Vector es un concepto matemático básico de los cursos de ingeniería y esencial para la constitución profesional de los ingenieros.

Matemáticamente, Vector es definido por Santos (2007, p. 2-3, nuestra traducción) como:

**Definición 1** – Diremos que el segmento orientado a AB está equipado con el segmento orientado a A'B' si se verifica una de las siguientes tres afirmaciones:

1.  $A = B$  y  $A' = B'$ .
2. AB y A'B' están situados en la misma recta y es posible deslizar A'B' sobre esa línea de modo que A' coincida con A y B' coincida con B.
3. La cifra obtenida al vincular los puntos A a B, B a B', B' a A' y A' a A es un paralelogramo. Tenga en cuenta que dos puntos (cuando se consideran segmentos orientados) son siempre equilocuentes. El lector puede demostrar fácilmente que la lista de equipamiento satisface las siguientes propiedades:

**I - Reflexividad:** cada segmento orientado del espacio es equisolente en sí mismo.

**II – Simetría:** si el AB orientado al SEGMENTO es igual al segmento

orientado A'B', entonces A'B' es equisolente a AB.

**III – Transitividad:** si el AB ORIENTADO AL SEGMENTO está equipado con el segmento orientado A'B' y si A'B' está equipado con el segmento orientado A''B'', entonces AB es equivalente a A''B''. Debido a las tres propiedades mencionadas, es común decir que la equipolencia es una relación de equivalencia.

**Definición 2** – El vector determinado por un segmento orientado AB es el conjunto de todos los segmentos orientados al espacio que están equipolando el segmento orientado AB.

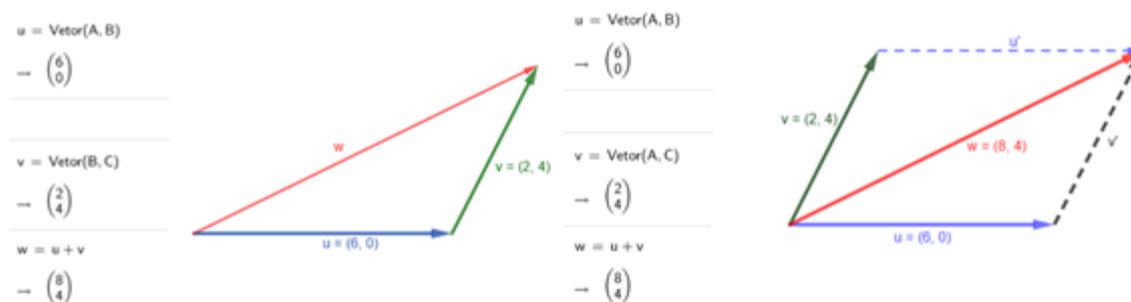
El vector determinado por AB será indicado por  $\vec{AB}$ ; el segmento orientado a AB es un representante del vector  $\vec{AB}$ . Es apropiado representar tanto el segmento orientado a AB como el vector  $\vec{AB}$  mediante una flecha con un origen en A y un final en B. El lector debe, sin embargo, olvidar que esto es un abuso de notación: el segmento orientado a AB y el vector  $\vec{AB}$  son objetos matemáticos distintos, porque AB es un segmento orientado (es decir, un conjunto de puntos), mientras que  $\vec{AB}$  es un conjunto de segmentos orientados.

Tenga en cuenta que los segmentos orientados a AB y CD representan el mismo vector si, y solo si, esos segmentos son equisolentes. Por lo tanto, el mismo vector puede ser representado por una multitud de segmentos orientados distintos.

De hecho, si AB es un segmento orientado y P, cualquier punto del espacio, el lector puede ver fácilmente que hay uno, y solo uno, segmento orientado a PQ, con origen en P, tal que PQ es equisolente a AB. Se deduce, por lo tanto, que el vector  $\vec{AB}$  tiene exactamente un representante en cada punto del espacio.

Relación de equipación, relación de equivalencia, segmentos orientados, son conceptos que estructuran el concepto de vector y sostienen las operaciones que involucran este concepto. Por ejemplo, cuando hacemos la suma de dos vectores en su representación geométrica, podemos hacerlo considerando dos reglas, la ley del polígono – utilizada cuando el origen de un vector es el final del otro, la suma vectorial en este caso es la que cierra el triángulo, como se deja en la Figura 3.

**Figura 3** – Ley de polígonos (derecha) y ley de paralelogramo (izquierda)



Fuente: Preparado por las autoras

Y la ley del paralelogramo, como a la derecha en la Figura 3, se usa cuando los vectores a sumar tienen el mismo origen, en el que la imagen geométrica de cada uno de los vectores se posiciona en los extremos de los vectores, formando así un paralelogramo, el vector suma viene dado por la diagonal del paralelogramo. En matemáticas, sumar los vectores usando la ley del polígono o paralelogramo es lo mismo, independientemente del contexto matemático que se utilice, ambas leyes son convenientes y representan el mismo vector resultante.

En Física e Ingeniería, a su vez, el uso de leyes se considera dependiendo del contexto, es decir, dependiendo de lo que estos vectores estén representando, tiene más sentido usar una ley que la otra. Por ejemplo, si el contexto implica desplazamiento, tiene más sentido usar la ley del polígono, ya que, si el contexto involucra la suma de fuerzas, tiene más sentido usar la ley del paralelogramo. No existe una definición científica sobre el uso de estas leyes que corrobore esta idea: es una construcción "artificial" utilizada por los estudiosos que se ha utilizado durante generaciones.

Sin embargo, para que los procedimientos de ambas reglas se realicen a través de procesos de comprensión, es necesario que las relaciones de equipamiento y equivalencia sean interiorizadas por los estudiantes, ya que la imagen geométrica a la que nos referimos anteriormente en la regla del paralelogramo considera la relación de equivalencia del Vector que se está desplazando para formar el paralelogramo. Esto sucede en diversas situaciones de operación con vectores cuando se presenta en su forma geométrica o, entonces, cuando es necesaria la representación geométrica del Vector para que la operación se desarrolle correctamente. Como ya se discutió en Roncaglio, Battisti y Nehring (2021, p. 286, nuestra traducción):

A diferencia del contexto matemático, en física y consecuentemente en ingeniería existen tres tipos de vectores que son necesarios definir debido a la especificación física y al contexto en el que se está movilizándolo este vector, es decir, están estructurando para entendimientos en contextos específicos de la física, son el vector fijo, el vector deslizante y el vector libre.

Son las relaciones establecidas con los conceptos que forman parte del sistema conceptual Vector las que permiten la movilización de este concepto en diferentes situaciones y en otras áreas del conocimiento. Las matemáticas tienen un lenguaje que permite la articulación de varios registros de representación semiótica y la física utiliza este lenguaje. Como, por ejemplo, el lenguaje vectorial para representar fenómenos como la fuerza, el desplazamiento, la velocidad y la aceleración, cantidades que para ser definidas requieren un módulo, una dirección y una dirección.

Vector es un concepto matemático utilizado como lenguaje por la Física y la Ingeniería para describir fenómenos que para ser definidos requieren un significado, una dirección y un módulo (intensidad), generalmente utilizado para describir un desplazamiento o situaciones que involucran cantidades vectoriales, como la fuerza de magnitud vectorial. Una magnitud vectorial se define por su significado, módulo y dirección, elementos que constituyen el vector, que necesitan ser significados en el proceso de enseñanza y aprendizaje y que marcan el delimitador de la magnitud escalar y la necesidad de una grandeza vectorial.

El lenguaje de los vectores presta al concepto de fuerza su estructuración para que pueda definirse como un concepto físico. La flecha colocada encima de la letra indica que es una grandeza con dirección y dirección. El lenguaje vectorial tiene su propia gramática, sintaxis y ortografía que son los axiomas, teoremas, lemas, reglas de aplicación, etc. Un concepto como la Fuerza, cuando se identifica con la grandeza vectorial, comienza a someterse a todas sus reglas de lenguaje. Se hace difícil expresarlo de otra manera, por ejemplo, a través del lenguaje escrito común. Los libros de texto reflejan las dificultades de este proyecto, siendo una especie de diccionario entre el lenguaje común y el lenguaje de los vectores. Las matemáticas son un lenguaje entre varios otros lenguajes a nuestra disposición para estructurar nuestro pensamiento. A lo largo de los siglos, ha demostrado su capacidad excepcional para apoyar nuestro pensamiento sobre el mundo (PIETROCOLA, 2002, p. 105, nuestra traducción).

Por lo tanto, destacamos la importancia de las Matemáticas como un área de conocimiento responsable de proporcionar herramientas intelectuales que permitan la descripción y análisis de situaciones problemáticas en las más diversas áreas, especialmente en el área de Ingeniería, nuestro foco de estudio. Y en este contexto, el concepto vector como concepto esencial para la formación profesional del ingeniero. En este sentido, considerando las Matemáticas como una ciencia que tiene un lenguaje que permite al sujeto estructurar el pensamiento para apropiarse del conocimiento construido por el hombre, el proceso de enseñanza y aprendizaje debe proporcionar el desarrollo de esta habilidad.

Considerando el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto matemático Vector, se entiende que este proceso debe articular las relaciones que involucran dicho concepto, tales como los elementos de formación vectorial, módulo, dirección y dirección. Es decir, estos elementos de formación, así como el segmento recto, relación de equialência, entre otros que se relacionan con Vector, a través de la atribución de significados, permiten a los estudiantes apropiarse de una red de generalización que involucra diversos conceptos matemáticos. Esta relación se puede observar en el mapa conceptual desarrollado por Battisti y Nehring (2020), que se presenta a continuación.



## Consideraciones finales

Este estudio presenta una contribución teórica en relación con el concepto Fuerza, a partir de las definiciones presentadas en capítulos de libros indicados en la bibliografía básica de disciplinas de Física I y Mecánica General I: la comprensión del concepto Fuerza como vector magnitud, considerando el campo y las relaciones conceptuales que lo constituyen. De esto concluimos que: la disciplina Mecánica General I es la primera disciplina específica de los Cursos de Ingeniería que moviliza el Vector y la Fuerza. Esta disciplina requiere que los estudiantes tengan claros conceptos básicos, como Vector y Fuerza, es decir, es una disciplina que discute situaciones en el campo profesional del Ingeniero a través de situaciones de dimensionamiento de vigas, cargas, análisis de estructuras, entre otras situaciones. En esta disciplina los estudiantes necesitan movilizar conocimientos teóricos de Matemáticas, en relación con la aplicación del concepto Vector captado en la disciplina de Geometría Analítica y Vectores, y física, en relación con la aplicación del concepto Fuerza estudiado en la disciplina de Física I.

Sin embargo, en la forma en que los conceptos básicos de la mecánica son aprehendidos por los estudiantes, es necesario que movilicen el concepto físico fuerza, un concepto central en la disciplina Mecánica General I. La disciplina física I es responsable de introducir el concepto Fuerza, definiéndolo y caracterizándolo como un concepto necesario e importante aplicado en varias disciplinas específicas de los Cursos de Ingeniería. Como hemos visto en las definiciones presentadas en relación con el concepto fuerza en capítulos de los libros de la bibliografía básica de la disciplina de Física I, presentan el concepto como una grandeza vectorial, porque necesita un módulo, un significado y una dirección para ser definido. El concepto Fuerza como magnitud vectorial requiere el uso del Vector para su representación, ya sea algebraica y/o geométrica.

El concepto Vector se introduce en los cursos en los primeros semestres, generalmente en el primer o segundo semestre como disciplina básica, es una disciplina que trabaja con uno de los conceptos estructurantes del curso y que sirve de base para otras disciplinas específicas. El concepto vectorial parece representar cantidades que no pueden definirse solo por un valor numérico, sino que dependen de otras características, como el módulo, la dirección y la dirección. En los cursos de ingeniería son innumerables las cantidades que necesitan estas características para ser representadas, y la grandeza de la fuerza es una de ellas, una de las principales.

Vector es el concepto que permite trabajar con esta y varias otras cantidades vectoriales,

movilizadas en varias áreas. Sin embargo, para que este concepto se movilice de manera efectiva, hay algunas relaciones que deben considerarse, especialmente cuando involucran operaciones con tales cantidades, relaciones como el equipamiento, la equivalencia y otros conceptos constitutivos del vector, como se observa en la Figura 3. Es un concepto matemático que pertenece a una red de conceptos, que se relacionan entre sí, dando soporte y estructura al Vector: es a partir de las propiedades matemáticas que se explican todas las relaciones que involucran este concepto.

La apropiación de los conceptos Vector y Fuerza son herramientas cognitivas necesarias en el desarrollo de habilidades y destrezas relacionadas con el campo de acción del ingeniero. Estos son conceptos que, como muchos otros, están fuertemente articulados. La mecánica necesita el concepto Fuerza para explicar y representar situaciones, problemas y esbozar soluciones: la fuerza es una magnitud vectorial y, como tal, requiere que se represente el concepto y las operaciones vectoriales exploren situaciones, resuelvan problemas y encuentren soluciones.

En este sentido, a partir de los análisis realizados, podemos afirmar que el enfoque dado al concepto Fuerza está fuertemente relacionado con una magnitud vectorial y con los sentidos intuitivos de algún tipo de fuerza muscular, como empujar o tirar. Y en este contexto, el concepto de vector se aborda para representar geométricamente y / o algebraicamente, situaciones que involucran fuerza. Sin embargo, se enfatiza que en el contexto matemático Vector se entiende como un vector libre, ya que puede ser representado en cualquier parte del plano o espacio a través de sus representantes. En Física e Ingeniería el Vector puede entenderse como un vector deslizante, cuando involucra fuerzas que se aplican a lo largo de un soporte recto, o como un vector fijo cuando el contexto implica la aplicación de una fuerza puntual.

En el curso de los análisis realizados es posible percibir la idea de relaciones conceptuales que involucran el concepto discutido aquí, concepto fuerza. Considerando la teoría que subyace a este estudio, la Teoría Histórico-Cultural, que sostiene que un concepto no se forma solo, sino en las relaciones con otros conceptos, fue evidente, en el curso de este escrito, a partir de los mapas conceptuales presentados en el curso de los análisis, las relaciones conceptuales atribuidas al concepto fuerza.

**GRACIAS:** CAPES.

## REFERENCIAS

- BATTISTI, I. K.; NEHRING, C. M. **Mediações na significação do conceito vetor com tratamento da Geometria Analítica em aulas de Matemática**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.
- BEER, F. P. *et al.* **Mecânica vetorial para engenheiros: Estática**. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- DAVIS, P. J.; HERSH, R. **A experiência Matemática**. Rio de Janeiro: F. Alvez, 1985.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: Mecânica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
- MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para Engenharia: Estática**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.
- PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Cad. Cat. Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 89-109, ago. 2002. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165616>. Acceso: 16 enero 2021.
- RONCAGLIO, V.; BATTISTI, I. K.; NEHRING, C. M. Formação do engenheiro: o conceito vetor no programa curricular de um curso de engenharia civil. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 263-296, 2021. Disponible en: <http://funes.uniandes.edu.co/25672/>. Acceso: 09 feb. 2022.
- SANTOS, N. M. **Vetores e matrizes: Uma introdução à álgebra linear**. 4. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução: José Cipolla Neto. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky – Física 1: Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.

### ***CRediT Author Statement***

---

- **Reconocimientos:** A mi asesora, Cátia Maria Nehring, y a la co-supervisora, Isabel Koltermann Battisti, por la confianza que me han dado, por la dedicación, por el apoyo, por creer en el desarrollo de esta investigación, por la paciencia y el aliento. Esta investigación debe mucho a su paciencia, dedicación, sabiduría y competencia.
  - **Financiamiento:** CAPES.
  - **Conflictos de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.
  - **Aprobación ética:** El estudio pasó por el comité de ética de la institución y fue aprobado bajo la opinión del CEP: 825.339.
  - **Disponibilidad de datos y material:** No aplicable.
  - **Contribuciones de los autores:** **Viviane Roncaglio:** Conceptualización, Metodología, Investigación, Redacción - Borrador Original, Visualización, Validación. **Isabel Koltermann Battisti:** Conceptualización, Metodología, Redacción - Revisión y Edición, Análisis Formal, Supervisión, Adquisición de Financiamiento. **Cátia Maria Nehring:** Conceptualización, Metodología, Redacción - Revisión y Edición, Análisis Formal, Supervisión, Gestión de Proyectos, Adquisición de Financiamiento.
- 

**Procesamiento y edición: Editora Iberoamericana de Educación - EIAE.**  
Corrección, formateo, normalización y traducción.

