

**APRENDIZAJE ACTIVO Y MAPAS CONCEPTUALES: APLICACIÓN A LOS
CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA****ACTIVE LEARNING AND CONCEPTUAL MAPPING: APPLYING TO
ALTERNATE CURRENT CIRCUIT**

Isabel Escobar¹
Raquel Ramirez-Vazquez¹
Jesus Gonzalez-Rubio¹
Enrique Arribas¹
Augusto Belendez²

RESUMEN

Los maestros están profundamente preocupados por cómo ser más efectivos en nuestra tarea de enseñar. Debemos organizar los contenidos de nuestra área específica proporcionándoles una configuración lógica, para lo cual debemos conocer la estructura mental de los alumnos que tenemos en el aula. Debemos dar forma a esta estructura mental, de manera progresiva, para que puedan asimilar los contenidos que estamos tratando de transferir, para que el aprendizaje sea lo más significativo posible. En el modelo de aprendizaje generativo, los vínculos antes del estímulo entregado por el profesor y la información almacenada en la mente del alumno requieren un esfuerzo importante del estudiante, que debe construir nuevos significados conceptuales. Ese esfuerzo, que es extremadamente necesario para un buen aprendizaje, a veces es el ingrediente faltante para que el proceso de enseñanza-aprendizaje pueda ser asimilado correctamente. En los circuitos eléctricos, que sabemos están perfectamente controlados y descritos por la ley de Ohm's y las dos reglas de Kirchhoff's, hay dos conceptos que corresponden a las siguientes magnitudes físicas: tensión y resistencia eléctrica. Estos dos conceptos están integrados y vinculados cuando se presenta el concepto de corriente. Este concepto no está subordinado a los anteriores, tiene el mismo grado de inclusión y dá lugar a relaciones sustanciales entre los tres conceptos, materializándolo en una ley: El Ohm's, nos permite relacionar y calcular cualquiera de las tres magnitudes, dos de ellas conocidas. La corriente alterna, en la que tanto la tensión como la corriente se invierten decenas de veces por segundo, desempeña un papel importante en muchos aspectos de nuestra vida moderna, ya que se utiliza universalmente. Su característica principal es que su máximo voltaje es fácilmente modificable a través del uso de transformadores, lo que facilita enormemente su transferencia con muy pocas pérdidas. En este artículo presentamos un mapa conceptual utilizando la CmapTools para que se utilice como una nueva herramienta para analizar de manera lógica la estructura subyacente en los circuitos de corriente alterna, con el objetivo de ofrecer a los estudiantes de las especialidades de Ciencias e Ingeniería otra opción para intentar lograr un aprendizaje significativo de esta importante parte de la física.

Palabras clave: Aprendizaje Activo, Enseñanza Universitaria, Mapa Conceptual, Circuitos Eléctricos.

ABSTRACT

Teachers are deeply concerned on how to be more effective in our task of teaching. We must organize the contents of our specific area providing them with a logical configuration, for which

¹ Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario, Albacete, Spain.

² Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, Alicante, Spain.

we must know the mental structure of the students that we have in the classroom. We must shape this mental structure, in a progressive manner, so that they can assimilate the contents that we are trying to transfer, to make the learning as meaningful as possible. In the generative learning model, the links before the stimulus delivered by the teacher and the information stored in the mind of the learner requires an important effort by the student, who should build new conceptual meanings. That effort, which is extremely necessary for a good learning, sometimes is the missing ingredient so that the teaching-learning process can be properly assimilated. In electrical circuits, which we know are perfectly controlled and described by Ohm's law and Kirchhoff's two rules, there are two concepts that correspond to the following physical quantities: voltage and electrical resistance. These two concepts are integrated and linked when the concept of current is presented. This concept is not subordinated to the previous ones, it has the same degree of inclusiveness and gives rise to substantial relations between the three concepts, materializing it into a law: The Ohm, which allows us to relate and to calculate any of the three physical magnitudes, two of them known. The alternate current, in which both the voltage and the current are reversed dozens of times per second, plays an important role in many aspects of our modern life, because it is universally used. Its main feature is that its maximum voltage is easily modifiable through the use of transformers, which greatly facilitates its transfer with very few losses. In this paper, we present a conceptual map so that it is used as a new tool to analyze in a logical manner the underlying structure in the alternate current circuits, with the objective of providing the students from Sciences and Engineering majors with another option to try, amongst all, to achieve a significant learning of this important part of physics.

Keywords: Active Learning, University Teaching, Conceptual Map, Electric Circuits.

1. INTRODUCCIÓN

Mediante la investigación sobre los procesos cognitivos se ha logrado mejorar de una manera significativa los procesos de enseñanza y aprendizaje. Todos los profesores de cualquier nivel educativo, tienen gran interés en mejorar la actividad docente y transformar el aula en un espacio de construcción y creación del conocimiento para ser más eficaces en nuestra tarea de enseñanza. Para ello debemos saber qué estamos enseñando y cómo los alumnos aprenden (REIGELUTH, 1983).

Si se adopta un enfoque constructivista (AUSUBEL, 1968; AUSUBEL, et al, 1978; DRIVER, 1988) se deben organizar los contenidos de nuestra materia específica dotándolos de una configuración lógica, para lo cual hay que conocer la estructura mental de los alumnos que se tienen en el aula. Es decir, deben adquirir unas competencias que les permitan relacionar de manera lógica los conceptos que han sido diseñados o seleccionados por parte del docente. ¿Por que se hace esto? La respuesta es evidente: para que el aprendizaje sea significativo, lo más significativo posible.

El término “aprendizaje significativo” (AUSUBEL, 1963) se usa como oposición al aprendizaje meramente repetitivo-memorístico en el que no se relaciona o se hace de manera arbitraria, lo que ha de ser aprendido con los conocimientos que el alumno posee. Esta relación inexistente o arbitraria hace que los conocimientos adquiridos de forma mecánica no perduren en el tiempo (AUSUBEL, et al, 1978). Los conocimientos previos juegan un papel muy importante para que el aprendizaje sea significativo. Ausubel resume este hecho en el epígrafe de su obra de la siguiente manera: “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese en consecuencia” (AUSUBEL, et al, 1978). También señala Ausubel que el aprendizaje significativo se produce cuando el nuevo contenido se relaciona con los conocimientos previos que posee el alumno y éste adquiere un nuevo significado en el aprendizaje de los estudiantes. Se puede decir que el aprendizaje significativo tiene dos características cruciales:

- Cuando el alumno tiene una actitud favorable para aprender. Es decir, cuando está motivado para hacerlo, se dotará de significado propio a los contenidos que se le transmiten, y los asimila.
- Cuando el conocimiento es potencialmente significativo tanto desde la organización lógica del contenido de la disciplina, como desde la propia estructura psicológica del estudiante. Desde la organización lógica de la disciplina se entiende que el contenido sea coherente, claro y organizado. Y desde la estructura psicológica significa que el estudiante posea los diversos conocimientos previos necesarios para anclar el nuevo aprendizaje a los ya existentes en su mente.

Para Ausubel aprender no es copiar o reproducir una realidad, los conceptos volcados por el profesor, es algo más elaborado: “Aprender es construir”. Se aprende cuando realmente se es capaz de elaborar una representación personal (específica para cada alumno y alumna) del contenido a aprender. Dicha elaboración implica aproximarse al contenido con la finalidad de comprenderlo y esto se hace posible desde las experiencias, intereses y conocimientos previos. Cuando se da este proceso, se dice que el aprendizaje es significativo (AUSUBEL, et al, 1978). Este aprendizaje no siempre es fácil; pero es duradero y eficaz.

Para que la tarea sea efectiva necesitamos disponer de un resumen, es decir, de un epítome inicial (REIGELUTH, 1983) en el que se proporcione una visión panorámica de aquellos contenidos sobre los que posteriormente se va a trabajar con detalle. Este epítome debe contener las ideas más fundamentales y debe tener una estructura jerarquizada para que el

resumen sea efectivo. Se puede decir que en el epítome se sintetizan los contenidos esenciales (y, por tanto, mínimos) que el alumno debe adquirir en relación con un tema o con una unidad didáctica de las que se compone nuestro desarrollo curricular.

Mediante el aprendizaje significativo una nueva información se puede relacionar de manera no arbitraria y sustantiv con la estructura cognitiva de la persona que aprende (MOREIRA y MASINI, 1982). En el curso del aprendizaje significativo, el significado lógico del material de aprendizaje se transforma en significado psicológico para el sujeto. Para Ausubel (1963, p. 58), el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar la inmensa cantidad de ideas e informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento.

2. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.1 Aprendizajes

El proceso de aprender puede tener varios enfoques que son: Aprendizaje subordinado; Aprendizaje supraordinado; Aprendizaje coordinado; y Aprendizaje generativo. En el aprendizaje subordinado, se debe partir de los preconceptos que tiene el alumno, para lo cual se deben averiguar e intentar introducir nuevos conceptos que enriquezcan y mejoren sus ideas iniciales (AUSUBEL, et al, 1983). Estos nuevos conceptos deben quedar engranados de forma lógica si se desea que el aprendizaje sea verdaderamente significativo. Sin embargo, en el aprendizaje supraordinado es el propio alumno el que construye nuevas relaciones entre los conceptos de una manera inclusiva (Inclusioneducativa, 2015), es decir, a través de una mayor participación en el proceso de aprendizaje, teniendo en cuenta las características, intereses, capacidades y necesidades distintas de cada uno de los alumnos implicados; intentando reducir la exclusión en la educación. Inclusión y exclusión son conceptos totalmente opuestos hay que estar conscientes de su nivel de implicación en las aulas. En la enseñanza inclusiva los sistemas educativos deben diseñarse teniendo en cuenta la gran diversidad de dichas necesidades y la gran diversidad de alumnos con diferentes preconceptos. El aprendizaje coordinado es el más usado cuando se está implicado en la enseñanza de la Física o de cualquier otra ciencia. En este tipo de aprendizaje conviven conceptos antiguos con conceptos nuevos; no estando los nuevos subordinados a los antiguos. Aparecen nuevas relaciones mentales entre ellos, produciéndose

la síntesis y generalización de dichos conceptos, con lo que se produce una nueva organización conceptual, de mayor rango que la existente previamente al aprendizaje.

En los circuitos eléctricos hay dos conceptos que se corresponden con las siguientes magnitudes físicas: el voltaje (también denominado tensión o diferencia de potencial) y la resistencia eléctrica. Estos dos conceptos se integran y relacionan cuando se introduce el concepto de intensidad de corriente eléctrica (o simplemente corriente eléctrica). Este concepto no es subordinado a los anteriores, tiene el mismo grado de inclusividad y da lugar a relaciones sustanciales entre los tres conceptos, concretándose en una ley: la de Ohm's, nos permite relacionar y calcular cualquiera de esta tres magnitudes físicas conocidas dos de ellas (PEREZ, et al, 2000). Así pues los circuitos eléctricos quedan perfectamente descritos y controlados por una ley general; la Ley de Ohm's, y por las dos reglas de Kirchhoff's, las cuales son consecuencia de la conservación de la energía y de la conservación de la carga eléctrica (CHABAY, 2015).

En el modelo de aprendizaje generativo (OSBORNE & WITTROCK, 1983 y 1985) los enlaces ante el estímulo emitido por el profesor y la información almacenada en la mente del discente requiere un esfuerzo importante por parte de éste último, del alumno, el cual debe construir nuevos significados conceptuales. Ese esfuerzo, tan necesario para un buen aprendizaje, a veces es el ingrediente que falta para que la labor docente sea correctamente asimilada.

Como es lógico, las cuatro formas de aprendizaje que se han comentado deben combinarse a conveniencia del profesor de manera alternativa si se desea incrementar el aprendizaje conceptual de los estudiantes. El alumno, en su proceso de aprendizaje debe bajar de lo más general a lo particular y otras veces recorrer el camino en sentido contrario. Éste es un camino de una sola dirección pero de dos sentidos complementarios. Es necesario que los docentes aprendan a mejorar su desempeño en el aula y apoyar a los estudiantes a lograr el aprendizaje de manera realmente significativa.

2.2 Mapas Conceptuales

Los mapas conceptuales son una herramienta que nos permite, de manera gráfica, visualizar conceptos y las relaciones existentes entre ellos (NOVAK & GOWIN, 1984; DRIVER, 1986; NOVAK, 1991; MOREIRA, 1993; CAÑAS, et al, 2004; DERBENTSEVA, et al, 2006; ESCOBAR et al, 2016). Estos mapas nos permiten organizar el conocimiento y

constatar las relaciones e implicaciones existentes entre los conceptos involucrados mediante frases conectoras. Han sido utilizados en investigaciones educativas con niños, para comprender cómo adquieren los conocimientos, y con estudiantes de postgrado para ver cómo dichos conocimientos se habían consolidado y estructurado en mentes con una formación completa y elaborada. Se han convertido en un instrumento ampliamente usado en prácticamente todos los campos del conocimiento si pretendemos alcanzar un aprendizaje significativo, integrando conceptos nuevos en nuestra estructura cognitiva, lo cual se logra enlazando lo nuevo con aquellos conceptos que previamente hemos comprendido. Por todo lo expuesto más arriba, el binomio mapa conceptual y aprendizaje significativo forman una buena pareja de baile.

El concepto más general, e inclusivo, debe ocupar la parte más alta del mapa, el cual debe tener una estructura altamente jerarquizada, y después, conforme se desciende de nivel, van apareciendo conceptos menos generales. Los vínculos existentes entre los conceptos tienen una gran utilidad, permiten mostrar relaciones mentales entre ellos de tal manera que pueden facilitar el pensamiento creativo y consolidar los nuevos conceptos anclados a los ya existentes previamente. Esta consolidación se produce por asimilación dentro de un proceso educativo sugerido y asistido por el profesor. La asimilación nos permite explicar cómo las personas añaden conceptos nuevos a sus esquemas mentales preexistentes, modificando y mejorando su estructura cognitiva individual. Procediendo desde el concepto más general, el más inclusivo, hasta el concepto más específico, se logra potenciar el objetivo que todo docente anhela: el aprendizaje significativo de la manera más eficiente.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Circuitos de Corriente Alterna

Los mapas conceptuales han sido ampliamente utilizados en Física (DRIVER, 1983; EDWARDS & FRASER, 1983; LOPEZ-RUPEREZ, 1991; BRAAM, et al, 1991; BRAAM, et al, 1991; EDMONDSON, 2000; PEREZ, et al, 2001) porque facilitan enormemente la síntesis de casi cualquier tema. Este trabajo, se va a aplicar a los circuitos eléctricos de corriente alterna que aparecen habitualmente en los grados de Física, Química e Ingeniería. Los circuitos de corriente alterna constan de diversos elementos: fuentes de voltaje variable, que supondremos

que tienen un comportamiento sinusoidal, de resistencias, de condensadores y de bobinas. Por todos ellos pasa la misma corriente si están conectados en serie o corrientes diferentes si están montados en paralelo. Entre sus extremos hay una diferencia de potencial, que tiene un valor diferente, en el caso más general (YOUNG, 2012).

Para poder describir correctamente un circuito de corriente alterna se debe ser capaz de resolver una ecuación diferencial de segundo orden que proporciona la corriente eléctrica, si se piensa en un circuito en serie, que es la forma más intuitiva de abordarlo, sin casi pérdida de generalidad. Al ser una ecuación diferencial de segundo orden, habrá dos soluciones linealmente independientes. Una de ellas viene dada por una corriente transitoria, que se desvanece rápidamente con el tiempo. La otra solución es sinusoidal pero estacionaria, mientras tengamos el interruptor cerrado o la fuente conectada. Hay dos parámetros que se deben determinar, un ángulo de defasaje (entre la fuerza electromotriz del generador y la corriente eléctrica, y el valor de la intensidad máxima). Esta determinación viene controlada por los valores de los elementos presentes en el circuito y por la frecuencia angular del generador.

Se intuye que aparecen conceptos nuevos que hay que anclar a los ya existentes. Anclar y contextualizar; es decir, establecer relaciones con los otros conceptos previamente aprendidos. A continuación se presenta un mapa conceptual que aportará una nueva herramienta para analizar de manera lógica la estructura subyacente en los circuitos de corriente alterna (ESCOBAR et al, 2016). Lo que se acaba de comentar sobre la ecuación diferencial y sus dos soluciones está jerárquicamente esquematizado en el mapa conceptual que aparece en la Figura 1.

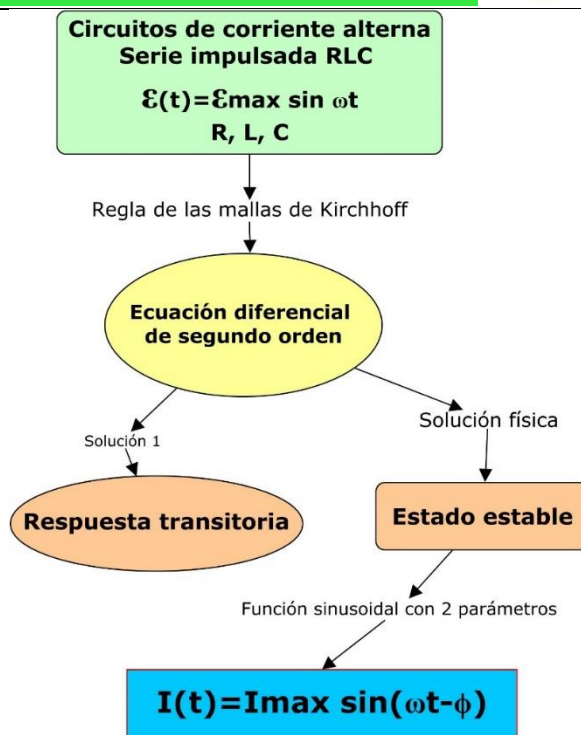


Figura 1 - Mapa conceptual de la ecuación diferencial de segundo orden que describe un circuito RCL.

A finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, en 1925, Charles Proteus Steinmetz desarrolló la teoría de los fasores (toda magnitud sinusoidal se puede representar mediante un fasor; es decir, un vector giratorio en sentido antihorario. Normalmente, y para simplificarlo, se representan en un instante inicial) y de los números complejos, aplicando ambos conceptos a los circuitos de corriente alterna. Todos los conceptos que se conocen para los circuitos de corriente continua se pueden aplicar a los de corriente alterna siempre y cuando se trabaje con números complejos y calcule posteriormente sus módulos, habiendo tenido la precaución de trabajar con valores eficaces. Esto se puede visualizar y jerarquizar en el mapa conceptual que aparece en la Figura 2.

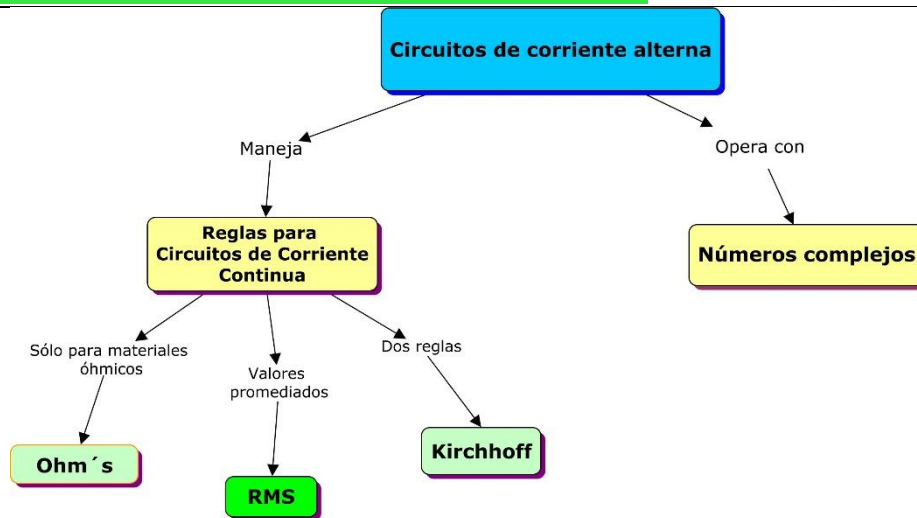


Figura 2 - Mapa conceptual en el que se manifiesta que los circuitos de corriente alterna son equivalentes a los de corriente continua, con la condición de que se trabaje con números complejos.

Se introduce un concepto nuevo: la impedancia, que es una generalización de la resistencia eléctrica, y se mide en Ohm´s. La impedancia depende del circuito considerado; es decir, es función de la resistencia, de la capacidad del condensador, de la autoinducción de la bobina y de la frecuencia del generador de alterna. La impedancia es un número complejo que tiene módulo y argumento (ángulo que forma con el eje origen de ángulos). A pesar de ser un número complejo no es un fasor, no es un vector giratorio, porque no es una magnitud sinusoidal. Todos los conceptos de la resolución de los circuitos de corriente alterna con números complejos vienen descritos en el mapa conceptual que aparece en la Figura 3.

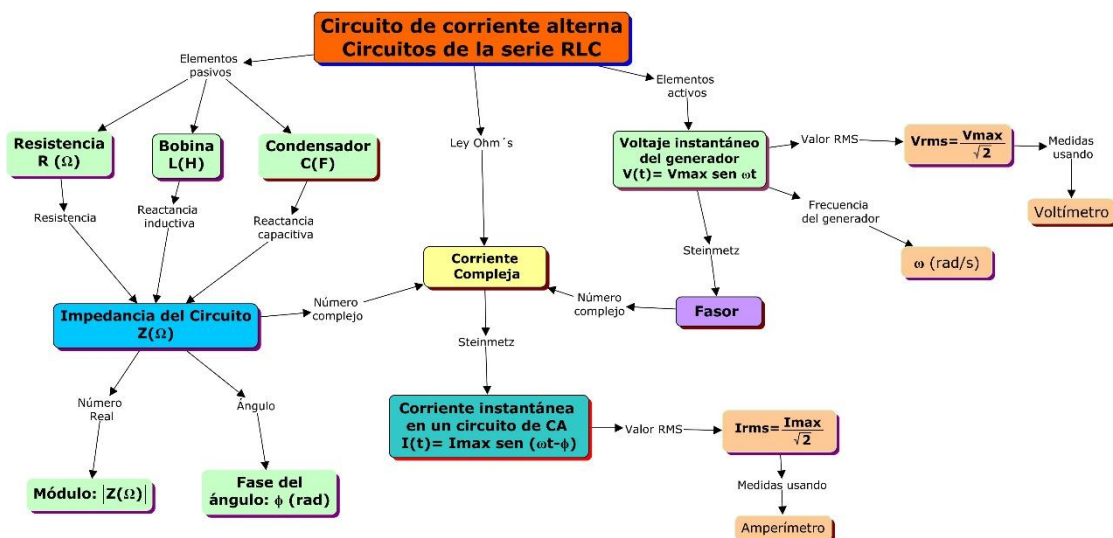


Figura 3 - Mapa conceptual en el que se jerarquizan los conceptos involucrados en los circuitos de corriente alterna (series RCL circuits) resueltos usando números complejos.

4.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo, se muestra la gran potencia didáctica que tienen los mapas conceptuales para estimular las ideas subyacentes en los circuitos eléctricos, además, fueron elaborados con una herramienta muy fácil de utilizar que es CmapTools, que permite generar mapas de ideas, esquemas, diagramas que combinan texto con imágenes y flechas para organizar conceptos e ideas de una forma sencilla y práctica.

Los mapas conceptuales nos permiten elaborar y comunicar ideas y conceptos complejos de una manera muy flexible y estructurada; también promueven el trabajo colaborativo entre los estudiantes para formalizar vínculos operativos y/o conceptuales entre las diferentes magnitudes involucradas en los circuitos de corriente alterna. Mediante el uso de fasores (en el instante inicial) se establece una correspondencia biunívoca entre el cuerpo algebraico de los números complejos y el plano bidimensional.

Los mapas conceptuales son una herramienta que permite visualizar, de una manera muy eficaz, el conocimiento sobre los circuitos de corriente alterna. Generan un aprendizaje significativo reforzado por la memoria visual, lo que ancla más las ideas en los cerebros de los alumnos. Elaborar un mapa conceptual es muy sencillo, y existen recursos educativos que nos facilitan mejor el trabajo de una manera más organizada y que, además, nos proporcionan un espacio público en un servidor para almacenarlos; la herramienta utilizada CmapTools, es totalmente gratuita y disponible en la WEB 2.0, y su objetivo es presentar gráficamente conceptos teórico para vincular ideas de diferentes formas.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. **Educational psychology: A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- Ausubel, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanessian H. **Psicología educativa**. Editorial Trillas, Mexico, 1983. Reprinted 2009.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. **Educational psychology: A cognitive view** (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

Braam, R.F., Moed H.F. y Van Raan, F.J. **Mapping of Science by Combined Co-Citation and Word Analysis**. I. Structural Aspects. Journal Of The American Society For Information Science, 1991. 42(4):233-251.

Braam, R.F., Moed H.F. y Van Raan, F.J. **Mapping of Science by Combined Co-Citation and Word Analysis**. II. Dinamical Aspects. Journal Of The American Society For Information Science, 1991. 42(4):252-266.

Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., Gómez, G., Arroyo, M., Carvajal, R. **CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment**. In A. J. Cañas, J. D. Novak y F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, 2004.

Chabay, R.W. y Sherwood B.A. **Matter & Interactions, fourth edition**. John Wiley & Sona, Inc. Hoboken, NJ, 2015.

Derbentseva, N., Safayeni, F. y Cañas, A. J. **Concept maps: Experiments on dynamic thinking**. Journal of Research in Science Teaching, 2006. 44(3).

Driver, R. **Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos**. Enseñanza de las Ciencias, 1986. 6 (2), pp. 109-120.

Driver, R. **Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of student's conceptual frameworks in science**. Studies in Science Education, 1983. 10, 37-70.

Driver, R. **Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum**. Enseñanza de las Ciencias, 1988. 6 (2), pp. 109-121.

Edmondson, K. **Assessing science understanding through concept maps**. In J. Mintzes, J. Wandersee y J. Novak (Eds.), *Assessing science understanding*, 2000 (pp. 19-40). San Diego: Academic Press.

Edwards, J. y Fraser, K. **Concept maps as reflections of conceptual understanding**. Research in Science Education, 1983. 13, 19-26.

Escobar, I., Arribas, E., Franco, T., Suarez, C., Vidales, S., Benitez, Y., Maffey, S., Dominguez, Y., Besanilla, J., Garcia-Olguin, C., Gonzalez-Rubio, J., Najera, A. y Belendez, A. **Conceptual Map about Alternating Current Circuits**. INTED, 2016. 2016,5591-5597.

Lopez-Ruperez, F. **Los mapas conceptuales y la enseñanza-aprendizaje de la Física.**

Revista de educación, 1991. 295, 381-409.

Moreira, M. A. **Mapas conceituais no ensino de Física.** Porto Alegre, Brasil, Instituto de Física da UFRGS, Monografías del Grupo de Enseñanza, Serie Enfoques Didácticos, nº 2. 1993.

Moreira, M. A. y Masini, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa : a teoria de David Ausubel.** São Paulo, Editora Moraes, 1982.

Novak, J. D. y Gowin, D. B. **Learning how to Learn.** New York, Cambridge University Press, 1984.

Novak, J. D. **Clarify with concept maps: A tool for students and teachers alike.** The Science Teacher, 1991. 58, 45-49.

Osborne y Wittrock. **Learning Science: A generative process.** Science Education, 1983. 67, pp. 490-508.

Osborne y Wittrock. **The generative learning model and its implications for science education.** Studies in Science Education, 1985. 12, pp. 59-87.

Perez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero F., M.; Pardo, P.J. y Montanero M., M. **Three-dimensional conceptual maps: an illustration for the logical structure of the content of optics.** International Conference Physics Teacher Education Beyond 200 Selected Contributions. R. Pinto & Suriñach. Ed. Elsevier. Francia, 2001. 603-604.

Perez, A.L., Suero, M.I., Montanero M., M., y Montanero F., M. **Mapas de Experto Tridimensionales.** Aplicaciones al diseño de secuencias instruccionales de Física basadas en la teoría de la elaboración. Dirección General de Enseñanza Universitaria e Investigación de la Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura. Badajoz, España, 2000.

Reigeluth, C. M. **Meaningfulness and Instruction: Relating What Is Being Learned to What a Student Knows.** Instructional Science, 1983. 12, 197-218.

Young, H.D. y Freeman, R.A. **Sears and Zemansky's University Physics.** Addison-Wesley, Pearson, San Francisco, California, 2012.