

Percibiendo lo invisible: la enseñanza de las fuerzas físicas en ambientes multisensoriales

José Luis Villarreal Benítez

Departamento de Innovación tecnológica, Dirección de Innovación y Desarrollo tecnológico.
DGTIC-UNAM.

Resumen

La realidad aumentada (RA), es una tecnología compleja que requiere de una comprensión adecuada para aplicarla en educación; sobre todo porque se le ha trivializado y asociado a ejemplos simples de entretenimiento. Esta situación demanda demostrativos tecnológicos que permitan desarrollar una pedagogía para la apropiación pertinente de la realidad aumentada. En el presente trabajo se presentan tres aplicativos para la enseñanza de las fuerzas físicas en ambientes multisensoriales, uno explica la Ley de Coulomb, otro aporta elementos para el estudio de campos y el tercero se enfoca en el estudio de fuerzas moleculares. El sistema se centra en la construcción progresiva del concepto de la física y su asociación directa a las ecuaciones matemáticas; pero deja toda la libertad al profesor para conducir estrategias didácticas según requiera el contexto.

Palabras clave: Realidad aumentada, aprendizaje basado en problemas, física, Innovación tecnológica, Ley de Coulomb, representación multisensorial, multirepresentación.

Eje temático: Otros tópicos de TIC en educación.

Introducción

La enseñanza de la física en el bachillerato representa un reto para el docente, ya que tradicionalmente sus principios se enseñan a través de las ecuaciones fundamentales que modelan a estos fenómenos, y las matemáticas son otra de las materias con bajo desempeño en el sistema educativo mexicano; lo cual complica la enseñanza de la física. En el modelo pedagógico actual, también se usa la experimentación, pero de manera limitada y con solo una representación que generalmente no se integra a las otras herramientas didácticas y sus representaciones de manera directa (Bueche y Hetch, 2004). La solución de problemas de física requiere del uso de las matemáticas, pero su aplicación exige la comprensión de los fenómenos físicos a través de la construcción de teorías científicas.

Los contenidos para el aprendizaje de estos temas difíciles - pero de los cuales tenemos experiencia de la vida cotidiana y con ello formulamos hipótesis alternas (Clement, 1982); generalmente erróneas y que dificultan la asimilación del conocimiento científico - deben permitir la experimentación y las múltiples representaciones de los ensayos y sus resultados, la fusión de algunas de estas representaciones, ser interactivos para exponerlos dinámicamente y contar con representaciones directas y metáforas apegadas a la tradición de la ciencia (representaciones de vectores con glifos, mapeos de colores y otras técnicas de la

visualización científica, Nielson *et al.*, 1997). Los contenidos digitales basados en simuladores permiten la interactividad y la representación virtual de aspectos de los fenómenos difíciles o imposibles de observar, a la vez que promueven la exploración y permiten la solución de problemas dentro del mismo entorno de aprendizaje.

La realidad aumentada es una tecnología que integra señales captadas del mundo real (típicamente video y audio) con señales generadas por computadora (objetos gráficos tridimensionales); las hace corresponder (geométrica, lógica y físicamente) para construir nuevos mundos coherentes, complementados y enriquecidos; hace coexistir objetos del mundo real y objetos del mundo virtual en el ciberespacio (Heras y Villarreal, 2007). Esta tecnología acopla dispositivos gráficos y sonoros con táctiles. El poder de cálculo numérico y la calidad de los gráficos en tercera dimensión de que disponen los dispositivos comerciales y accesibles a una gran porción de los estudiantes de bachillerato, permite el desarrollo de aplicativos educativos que integran ensayos reales, simulaciones y su representación visual en tiempo real y con facilidades de alta interactividad.

Estos aplicativos interactivos son conducidos por el usuario - el estudiante - de manera libre y en respuesta a la experiencia que está viviendo el alumno; o sea, no están restringidos por un guión instruccional que exige un estilo único de enseñanza. Esta cualidad permite conducir el ensayo por el alumno y para el alumno, y la clase ser guiada y enriquecida por el profesor. Este modelo pedagógico permite implementar diferentes estrategias didácticas (Eggen y Kauchak, 2012), como Aprendizaje Basado en Problemas, la Teoría de las situaciones didácticas (Fregona, D. y P. O. Báguena, 2001) y estrategias de Predice-Observa- Explica (Kearney *et al.*, 2001).

La propuesta del presente proyecto es aprovechar las cualidades de la Realidad Aumentada para implementar guiones interactivos con representaciones multisensoriales, gráficas y las ecuaciones matemáticas de fenómenos de la física enseñados en el bachillerato, en los cuales el alumno pueda experimentar manipulando los elementos de un mismo entorno, y percibiendo auditiva, táctil y visualmente; así como registrando los cambios en los parámetros de las ecuaciones que gobiernan los sistemas modelados, al tiempo que perciben sus consecuencias.

Objetivos

Desarrollar ejemplos de uso de Realidad Aumentada en la enseñanza de las ciencias y la ingeniería en el Bachillerato y la Licenciatura, como una herramienta para la didáctica tecnológica, que permita establecer un lenguaje de especificación de nuevos contenidos entre los profesores y los desarrolladores expertos en estas tecnologías; y facilite que los profesores planteen nuevos casos en diversas áreas del conocimiento.

Desarrollar ejemplos didácticos con tecnologías de vanguardia pero de bajo costo, para contribuir a la enseñanza de la física en el bachillerato en Entornos de Realidad Aumentada.

Métodos

Hipótesis

El uso de tecnologías de vanguardia tiene un impacto inmediato en la enseñanza por dos aspectos: el emotivo, ya que los estudiantes se estimulan por la atención hacia ellos que representa la innovación en el

salón de clases, y el didáctico; si la innovación facilita la implementación de estrategias didácticas o la multirepresentación del concepto.

El proceso de aprendizaje es mejorado cuando se utilizan simultáneamente diversos canales sensoriales.

La interactividad en la actividad humano-computadora genera un entorno participativo para el estudiante que permite la construcción de los conceptos a través de la exploración y resolución de problemas.

Lineamientos

Los contenidos desarrollados deben tener una representación directa del fenómeno, múltiples representaciones apoyadas en la visualización científica y reforzamientos a través de otros mecanismos sensoriales, mezclando objetos reales y objetos virtuales en un espacio común geométrica y físicamente; por ejemplo, si se muestra el efecto de la interferencia de las ondas del espectro electromagnético, se interpone un objeto real que interfiere y se visualiza de manera gráfica virtual, los cambios en las ondas y se refuerza auditivamente interfiriendo virtualmente el sonido para que se perciba con ruido. Los contenidos deben estar acompañados, en los casos que sea pertinente, de una actividad de resolución de un problema usando en mismo entorno de Realidad Virtual.

Los fenómenos de la física son invisibles y abstractos, pero podemos observar sus consecuencias y algunas manifestaciones: la fuerza de atracción que sentimos al sujetar y acercar dos imanes, el ruido acústico que se genera en un radio cuando se enciende un motor cerca, entre muchos ejemplos de la vida cotidiana y algunos más sofisticados en los laboratorio de física. Lo que no podemos ver por las limitaciones de la visión humana, son la propagación de las ondas, aún cuando sus dimensiones mecánicas están dentro de los límites de la agudeza visual, sus propiedades lumínicas no. Pero dichas ondas son audibles, por lo que hay que integrar en un solo sistema las diversas manifestaciones perceptibles (con representaciones reales) e imperceptibles (con representaciones virtuales).

Estas manifestaciones son consecuencia de las fuerzas presentes y estas pueden ser representadas gráficamente y hacerlas corresponder geoméricamente con los demás objetos del entorno. Las personas (el usuario) pueden interferir en el estado del sistema, lo cual puede ser representado por objetos reales y virtuales integrados con coherencia geométrica (Realidad Aumentada). El acoplamiento a través de las leyes de la física de todos estos elementos, es un excelente medio de exploración con retroalimentación para descubrir principios, conceptos y comprender la física del sistema.

Desarrollo de TIC

El proyecto se basa en el desarrollo de una infraestructura de software para desarrollar y adaptar rápidamente aplicativos para la implementación de clases de fenómenos naturales (física en su primera etapa) con el uso de tecnologías de gráficos en el salón de clases, en particular de Realidad Aumentada. La estrategia adoptada de desarrollo es “orientada al usuario”; esto es, el usuario revisa prototipos y de manera “ágil” establece “historias de usuario” que son implementadas y evaluadas rápidamente.

Un aspecto muy importante fue contar con los demostrativos tecnológicos para que los profesores y alumnos, así como otros participantes, comprendan el potencial y las limitaciones de estas tecnologías y propongan aplicaciones y usos de las herramientas para sus clases. En este sentido, los aplicativos han sido muy eficaces, pues en sesiones exploratorias se ha detectado una gran dificultad para imaginar el uso de la Realidad Aumentada (más allá del entretenimiento) y con los demostrativos se detonan procesos creativos y analíticos muy productivos. Se ha construido una didáctica tecnológica, que se seguirá desarrollando.

El objetivo se logró al contar con cuatro aplicativos que muestran una estrategia o patrón didáctico abierto en el aspecto del uso de la tecnología. Estos logros no solo implican desarrollo de software, también representó un esfuerzo significativo establecer los procesos para la producción, aseguramiento de la calidad, distribución y mantenimiento de los productos; en el contexto específico. También es importante considerar la comprensión de los dispositivos para implementar estas tareas concretas; las cuales requieren precisión, respuesta homogénea a un grupo de alumnos, dificultades en sus interfaces, coherencia e intuición que evite la construcción de “teorías alternas” a las científicas y no confunda a los estudiantes.

Una meta importante es contar con un modelo didáctico y sus demostrativos tecnológicos que implementan un estilo innovador en la enseñanza de los fenómenos naturales, esto a partir de la experiencia directa y su asociación inmediata con la teoría científica y construyendo los conceptos a partir de la reconstrucción de las “teorías alternas” (elaboradas por los estudiantes a partir de su experiencia, generalmente erróneas).

La experiencia del desarrollo del software y de la colaboración multidisciplinaria permitió el desarrollo de la siguiente guía para la especificación de los aplicativos, a la cual denominamos Guión técnico:

Desarrollo del guión técnico

1. Definir todas las representaciones de un fenómeno que pueden presentarse en un entorno de realidad aumentada y sus posibilidades de variación.
2. Integrar en un mismo entorno las diferentes representaciones de un fenómeno, sin que se interfieran; preferentemente dentro de un entorno de la vida cotidiana, del laboratorio docente, dentro del laboratorio de un científico o en la industria o centros laborales.
3. Implementar metáforas directas de modificación de parámetros y factores que cambian el estado del sistema y por lo tanto, cambian las cualidades de la representación y lo que el alumno observa dentro del entorno.
4. Enlazar dinámicamente los elementos gráficos, los elementos táctiles del mundo real, los sonidos mapeados con variables del fenómeno, y los valores de los parámetros de las dibujadas en el entorno.
5. Explorar el entorno.
6. Resolver un problema que implique manipulaciones táctiles y sus consecuencias gráficas y sonoras.

Descripción del modelo de la situación didáctica con RA

Los contenidos simulan los fenómenos físicos y les dan múltiples representaciones en múltiples sentidos. Las representaciones y los objetos reales y virtuales están enlazados o reaccionan de manera acoplada ante la intervención del usuario. Se expone al alumno a una situación en la cual él puede manipular el medio y a través de esta exploración descubre los principios de la física (con la asistencia del profesor y el sistema virtual). Estos principios son formalizados y usados por el alumno para resolver problemas para reforzar y hacer explícito (comprobar) al alumno que ha alcanzado el aprendizaje objetivo (ha modificado su conocimiento). El sistema no establece una secuencia didáctica específica, solo garantiza que el sistema responda a la física del fenómeno; lo cual permite la exploración por el alumno, la construcción del concepto de la física, su enlace directo con las formulaciones matemáticas y la solución de problemas guiados por el profesor. Este modelo de uso tecnológico es abierto en el sentido que permite la opción de diferentes modelos pedagógicos, según convenga a la situación y a cada alumno en particular. Los fenómenos son observados y aumentados sensorialmente, pero ya que cada alumno puede contar con un dispositivo de Realidad Aumentada (una Tablet o un celular), estos pueden recibir diferentes representaciones y fomentar la colaboración y discusión en equipos para formular la teoría científica desarrolladas por ellos mismos, siguiendo estrategias de Predice-Observa-Explica en un modelo de Aprendizaje Basado en Problemas.

Resultados

Breve descripción de contenidos y guión interactivo

A. Las fuerzas electromagnéticas en los imanes.

Se tienen dos imanes reales, se invita al alumno a explorarlos tomando uno en cada mano y aproximándolos. Con los lentes de realidad aumentada puestos (un dispositivo móvil), el alumno notará que aparecen las líneas de fuerzas electromagnéticas en correspondencia geométrica con la posición de los imanes (generadas virtualmente). El estudiante explora y descubre las consecuencias de los casos de atracción y de repulsión; a la vez que observa la graficación dinámica Fuerza vs distancia y la formulación matemática (Fig. 1).

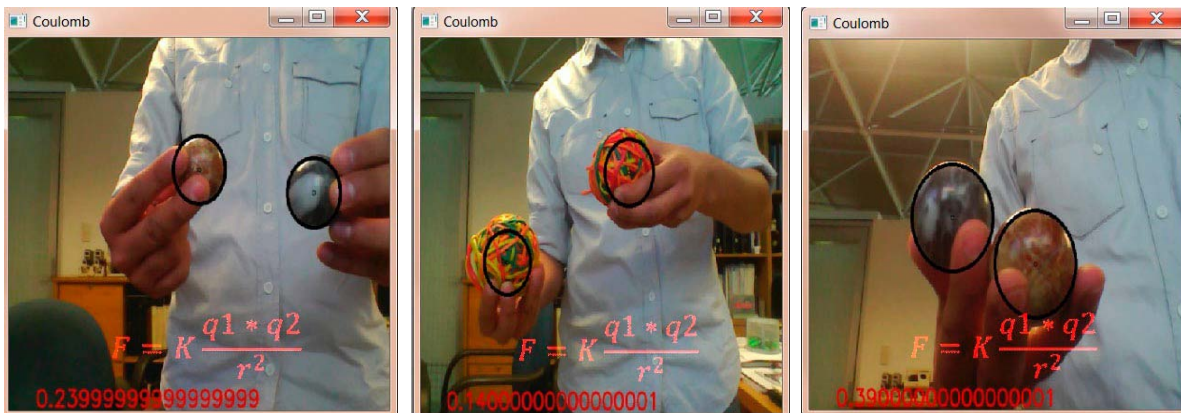


Figura 1. Instantáneas del aplicativo para la Ley de Coulomb.

- B. La propagación de partículas virtuales dentro de un campo vectorial de fuerzas que impulsan a dichas partículas; por ejemplo, partículas moviéndose en un campo de vientos.

Se tienen dos papeles de cartón con marcas que le indican al sistema, que caso o simulación de campo dibujar en tercera dimensión. El segundo cartón sirve como un inyector de partículas que seguirán una trayectoria en función de la posición del inyector y de las fuerzas dentro del campo (Fig. 2).

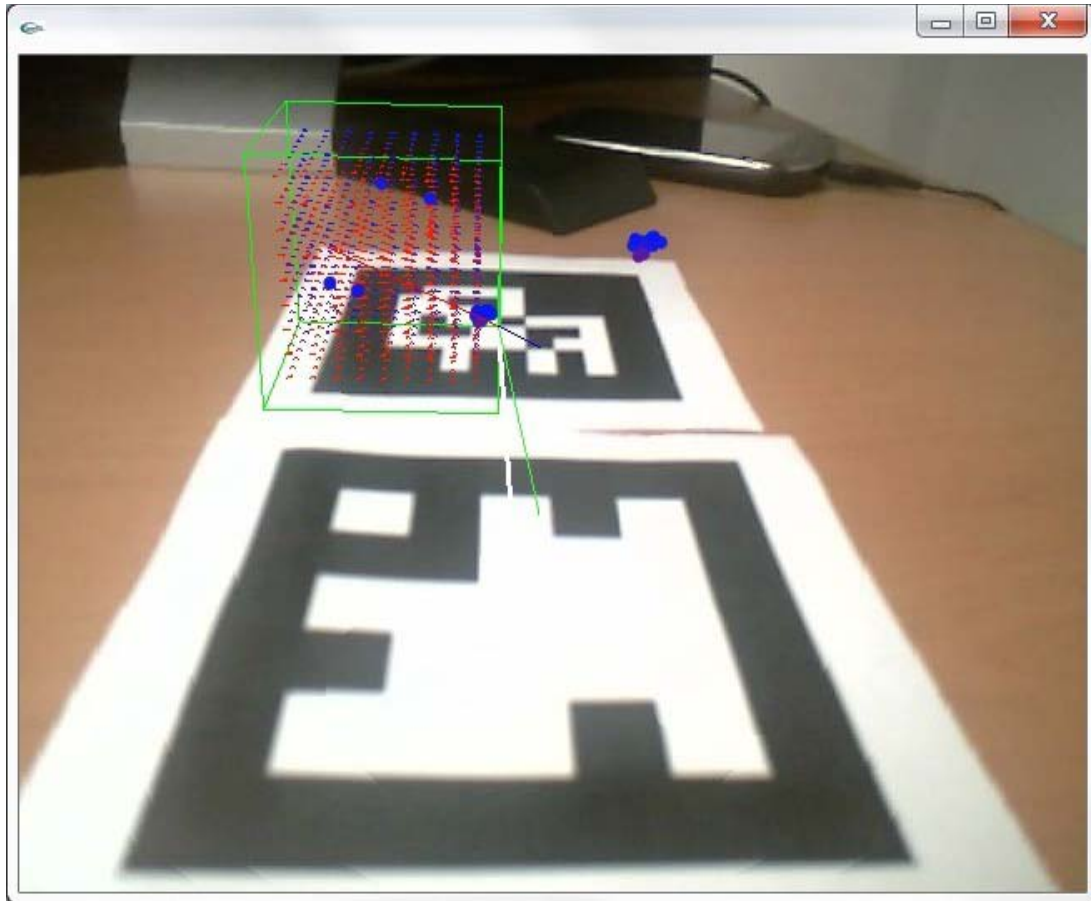


Figura 2. Instantánea del aplicativo para el estudio de campos.

C. Estructura de la materia

El usuario sostiene libremente una representación en papel de la estructura de una molécula a través de esferas y vértices que representan los enlaces. El sistema grafica en tercera dimensión una representación de la molécula. El usuario manipula libremente esta interfaz y con ello las estructuras tridimensionales y observa las consecuencias tales como intercambio de electrones y de otros elementos de la molécula que solo existen virtualmente (Fig. 3).

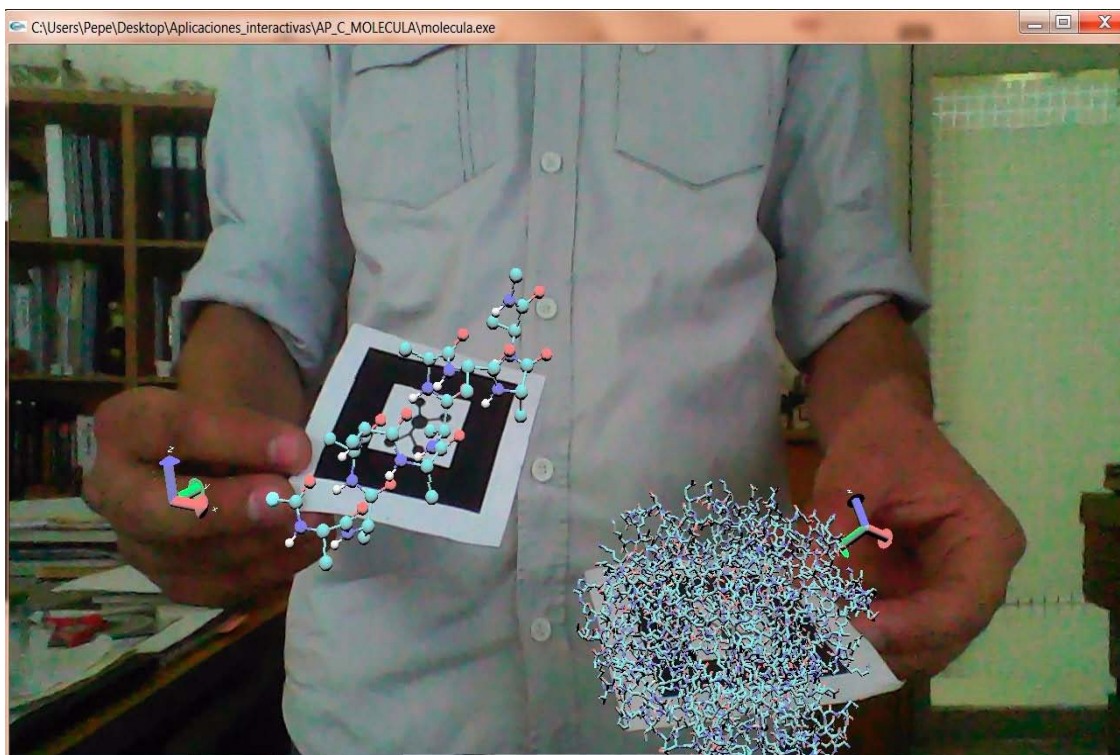


Figura 3. Instantánea del aplicativo para el estudio de fuerzas moleculares.

En el caso de la *Ley de Coulomb* el aplicativo construye la fórmula matemática que enuncia dicha Ley, a partir de la experiencia física del usuario. El software identifica y caracteriza una esfera que entra en el campo de visión (que el profesor o un alumno expone ante la cámara de video del dispositivo que lo ejecuta), esta esfera representa un carga con signo que genera un campo. A continuación se presenta otra esfera o carga que se separa por una distancia real que estima el software, inclusive en su espacio tridimensional; para lo cual se reconstruye el espacio 3D y se calcula la posición tridimensional de los objetos. El software construye la formula y presenta en la misma pantalla, los valores de los parámetros que toma la fórmula y estima la fuerza mediante la expresión matemática. Al interactuar y mover los objetos, en tiempo real el aplicativo calcula y actualiza los valores para que el estudiante comprenda el efecto de las variaciones que el mismo genera.

Estos demostrativos tecnológicos han permitido una pedagogía de la Realidad Virtual que facilitó la generación de Historias de usuario para especificar y continuar con el desarrollo de la plataforma. A continuación se presentan algunas de estos primeros resultados.

- A) Un aplicativo para enseñar la caída libre en el que el profesor tome una pelotita y la suelte, el sistema registre las posiciones a intervalos de tiempo y dibuje las posiciones dibujando esquemáticamente los círculos y los valores de tiempo y distancia. Con ello se construye la regla que lleva a la expresión matemática general. De esta idea se derivan otros ejercicios y variante sobre la misma temática.
- B) Colocar la representación de un átomo o molécula en 3D asociado a una marca con una representación bidimensional usando notación química, usar una segunda marca y al aproximar las moléculas, intercambiar electrones y asociar la molécula formada a la marca de la molécula dominante para explicar reacciones y otros conceptos.
- C) Colocar marcas en una guitarra o reconocer la guitarra, su posición en el espacio tridimensional real y su correspondencia en el virtual. Tocar una cuerda, que el sistema la identifique y se cargue la correspondiente onda acústica simulada previamente. Que se dibujen diferentes propuestas de diseño de la guitarra y se observen las ondas virtuales para explicar las consecuencia del diseño en la propagación de las ondas.
- D) Colocar marcas dentro de una maqueta de un modelo de terreno y agregarle información gráfica tridimensional para explicar fenómenos de Ciencias de la Tierra. Un caso concreto es esquematizar el calentamiento de la superficie de la tierra adyacente al mar y del mar y observar el fenómeno de cambio de vientos y sus ciclos diarios.

Conclusiones

El modelo exige la participación activa del alumno y permite que el profesor tome un rol de operador de los ensayos reales y compartir este rol con los estudiantes; pero los estudiantes tienen el control de la multirepresentación y sus puntos de vista o perspectivas.

El proyecto permitió formar un equipo de trabajo multidisciplinario, establecer un lenguaje común y un método de trabajo incluyente. Los demostrativos tecnológicos y clase prototipo permiten incluir la opinión y experiencia de más profesores e involucrar a los estudiantes en el proceso de desarrollo y evaluaciones.

Los demostrativos tecnológicos a) permiten diversos esquemas pedagógicos, ya que estos se encuentra en el dominio de los profesores y deben responder de manera dinámica a las necesidades de estilos de aprendizaje de los alumnos y a sus contextos culturales, y b) han sido exitosos para la formulación de nuevos proyectos, que representan variantes y serán implementados cada vez con mayor facilidad, con un uso pertinente de la Realidad Aumentada. Por ejemplo, se formularon en lluvia de ideas y de manera muy rápida, peticiones con “guiones ágiles” en “historias de usuario” proyectos muy diversos y separados de las implementaciones originales.

Referencias

Bueche, F. J. y E. Hecht. 2004. Física General. Novena edición. McGraw-Hill. 568 pp.

Clement, J. 1982. Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 50, 66–71.

Eggen, P. D. y D. P. Kauchak. 2012. Estrategias docentes. Fondo de Cultura Económica. 505 pp.

Fregona, D. y P. O. Báguena. 2011. La noción de medio en la teoría de las situaciones didácticas. Libros del Zorzal. 123 pp.

Heras L. L. y J. L. Villarreal. 2007. Realidad aumentada, una tecnología en espera de usuarios. Revista Digital Universitaria (RDU), volumen 8, número 6, 10 de junio de 2007.

Kearney, M., D. F. Treagust, S. Yeo y M G. Zadnik. 2001. Student and Teacher Perceptions of the Use of Multimedia Supported Predict–Observe–Explain Tasks to Probe Understanding. Research in Science Education 31: 589–615, 2001.

Nielson, G. M., H. Hagen y H. Müller. 1997. Scientific visualization: overviews, methodologies, and techniques. IEEE Computer society. 577 pp.