



RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS, ARTEFACTOS CULTURALES, CONCEPCIONES DE LOS PROFESORES DE FÍSICA PARA INGENIERÍA: ANÁLISIS DE DOS ESTUDIOS DE CASO

Open educational resources, cultural artifacts, conception's physics teachers for
engineering analysis of two case studies

Oscar Jardey Suárez¹

Cómo citar este artículo: Suárez, O. (2016). Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso. *Góndola, Enseñ. Aprend. Cienc.*, 11(2), 156-174. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a1.

Recibido: 4 de abril 2016 / Aceptado: 11 de julio de 2016

Resumo

Esta investigación trata de responder preguntas como: ¿cuáles son las concepciones de los profesores de física, que trabajan en la Facultad de Ingeniería, sobre el uso de los recursos educativos abiertos (REA)? Este artículo se focaliza en develar las concepciones de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en relación con los REA. Metodológicamente el proyecto tiene un componente cuantitativo y uno cualitativo. Este artículo es resultado de una fase cualitativa e interpretativa a partir de entrevistas extensas a profesores activos que ofrecen asignaturas de física en las carreras de ingeniería en instituciones de educación superior de carácter público o privado. Las entrevistas se desarrollaron a partir de situaciones elicitoras que emergen de las categorías que surgieron de la revisión bibliográfica (artefacto cultural, ambiente de aprendizaje, sociocientífico, técnico y tecnológico). La interpretación de las entrevistas apunta a que hay concepciones en la realidad del laboratorio y su relación con los modelos, que hacen considerar que ésta puede distar de los modelos cuando los experimentos se tratan a través de simulaciones (las que pueden ser engañosas). Las conclusiones señalan que la matemática es la mediación más importante en la construcción y reconstrucción de modelos físicos, aunque no de forma unánime; se infiere que se pueden incorporar los REA como elementos complementarios de mediación posibilitando un espectro de opciones didácticas en la enseñanza de la física.

Palabras claves: Ciencias y tecnología, enseñanza de la ciencia, profesión docente

1. Profesor de física, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Fundación Universidad Autónoma de Colombia. Correo electrónico: oscar.suarez@fuac.edu.co

Abstract

The research attempts to answer questions such as: What are the conceptions from physics teachers who work in the engineering faculty on the use of Open Educational Resources (OER)? This article focuses on revealing the conceptions from physics teachers working in the engineering faculty in relation to OER. Methodologically the project has a qualitative and a quantitative component; This article is the result of a qualitative and interpretative phase from extensive interviews with active teachers, who offer physics courses in engineering careers in higher education institutions public or private; interviews were conducted from elicitor situations that emerge on the categories from the literature review (cultural artefact, Learning environment, social-scientific, technical and technological). The interviews interpretation suggests that there are conceptions of laboratory reality and its relationship with models, they do consider that this reality may be far from the models when experiments are discussed through simulations (which can be misleading). Conclusions point out that mathematics is the most important in the construction and reconstruction of physical models, although not unanimously mediation; infers that can be incorporated as complementary elements OER mediation possible a spectrum of educational options in teaching physics.

Keywords: Science and technology, science teaching, teaching profession.

Introducción

La investigación de la que se deriva este documento se sitúa en el campo del estudio de las concepciones, en particular, las concepciones de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en relación con los recursos educativos abiertos (REA), tema que carece de producción. A pesar de existir variedad de trabajos sobre concepciones de profesores, en general para el caso de ingeniería, son escasos.

La investigación se ubica en el campo de la didáctica de las ciencias, en particular la didáctica de la física y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) orientadas a la educación en ciencias. Como punto de encuentro de estos campos se proponen los objetos de aprendizaje (OA) o REA, entendidos como artefactos culturales. Estos últimos implican configuraciones conceptuales y materiales

de carácter histórico-cultural que, conservando su intención, pueden migrar de un contexto cultural a otros contextos culturales (Cole, 2003), adquiriendo nuevos sentidos y significados. Por ejemplo, las características de reusabilidad y modularidad, descritas en la norma de la IEEE 1484.12.1-2002 (2002) para los metadatos de los OA, que son determinantes para lograr uno u otros ambientes de aprendizaje, serían las que permiten las sucesivas adaptaciones a las que se refiere Cole cuando los artefactos culturales son apropiados en diferentes contextos culturales. En este sentido, uno de los aspectos importantes del problema de investigación para aportar al desarrollo de la línea de investigación de enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad cultural (en la cual se inscribe esta tesis doctoral), se refiere a determinar la relación entre OA o REA, artefactos culturales y ambientes de aprendizaje desde el punto de teórico, metodológico y empírico.

La investigación aborda las siguientes preguntas, que a su vez son las orientadoras: ¿cuáles son las concepciones de los profesores de física, que trabajan en la Facultad de Ingeniería, sobre el uso de los OA REA?, ¿se incluye en dichas concepciones dimensiones únicamente técnicas y tecnológicas?, ¿qué relación guardan estas perspectivas técnicas y tecnológicas con aquellas que le dieron su origen?, ¿en estas concepciones qué relación existe entre la reutilización, característica del OA y su uso en la enseñanza de la física en contextos académicamente diversos?, ¿en estas concepciones se tienen en cuenta la configuración material y conceptual del artefacto cultural?, ¿en dichas concepciones, cuál es la comprensión del papel mediador cultural de los OA en la enseñanza de la física?

El objetivo general de investigación es: caracterizar las concepciones sobre los OA o REA de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería mediante la metodología de teorías implícitas. Los objetivos específicos de los que se deriva esta publicación son: identificar las ideas de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en el uso de los OA o REA por medio de entrevistas semiestructuradas y construir modelos de concepciones en el uso de los objetos de aprendizaje de los profesores de física, de la muestra, en las facultades de ingeniería.

Las TIC orientadas a la educación han tenido un gran desarrollo desde el punto de vista gubernamental, corporativo, técnico y tecnológico. Ejemplo de lo anterior es la presencia de software para simulación propietario (p.e. Interactive Physics) o libre (Modellus), o la difusión de aplicaciones en la web con desarrollo para dispositivos móviles, con Android® o IOS®, como Edmodo (www.edmodo.com) o Schoology (www.schoology.com) llevando a mano de los *usuarios* la información. Las inversiones de orden económico son significativas por parte de los gobiernos, las que se reflejan en términos de cobertura y penetración de la internet; al menos

así lo indica la evaluación de los últimos 15 años (2000-2014) donde el desarrollo de la tecnología, despliegue de infraestructura tecnológica y la caída de precios han provocado un crecimiento significativo en acceso y conectividad. Se ha pasado de 400 millones en el 2000 a 3,2 billones de usuarios de la internet el 2015² (Sanou, 2015).

Los desarrollos técnicos y tecnológicos, así como la inversión gubernamental y la mirada corporativa, influyen en los datos reportados y en general en las estadísticas, pero prevalecen algunas preguntas: ¿las TIC son usadas por los profesores?, ¿qué tasa de uso tienen?, ¿el uso de las TIC mejora los logros académicos de los estudiantes?, ¿favorecen las TIC la motivación al estudio de las ciencias, como la física?, entre muchas otras. Lo cierto es que la oferta de material educativo visible en los portales de los ministerios de educación, por ejemplo, de Brasil, Colombia y Chile, se encuentra disponible para ser usado en las escuelas. Sin embargo, algunas fuentes refieren que la tasa de utilización que se reporta de uso e incorporación de las TIC en la escuela no es la esperada, dado que existe un bajo porcentaje de uso en las escuelas (Suárez, *et al.*, 2008). En este sentido, se puede afirmar que en Colombia se ha mejorado en el acceso a las TIC, pero esto no se traduce en mejores desempeños en matemáticas o ciencias, así lo muestran las pruebas estandarizadas (Casas Moreno, 2013; Soledad Bos, Ganimian, Vegas, 2014; Soledad Bos, *et al.*, 2014). Este hecho se ha entendido como una debilidad de los sistemas educativos latinoamericanos que han trazado sus políticas en este sentido (Wef, 2014), existe aquí una preocupación latente que para el presente documento se centra en aproximarse a las concepciones, desde el enfoque de la teorías implícitas, de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, referidas a los REA.

Metodológicamente el proyecto contempla métodos de orden cuantitativo y cualitativo. Este artículo

2. Proyección de la ITU para el 2015, con base en los datos históricos.

es resultado de la parte cualitativa, en la que el enfoque epistemológico y metodológico están en los trabajos de Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) enriquecida con los aportes de Molina y Utges (2011) referidas a las situaciones elicitoras, así como con el análisis de protocolos verbales (Ericsson; Simón, 1993).

Antecedentes

Una revisión de la comprensión de la noción de OA y cómo esta se asimila a la de REA señala como su origen la ingeniería de software (Suárez, 2016), específicamente cuando se da inicio al programa SIMULA67, en cuyo propósito Dahl y Nygaard (1967) proponen la idea de clases y subclases, idea que migró a diferentes áreas de la ingeniería, transformándose en lo que se denomina un paradigma (Kuhn, 1971) que aún predomina. Suárez (2015), en su recorrido histórico llega a que la noción de OA emerge en ese contexto y que posteriormente se amplía a la noción de REA.

La noción de REA se ha identificado como una posibilidad de cobertura en la medida en que permite ser transportado por la internet y utilizado bajo licencias Creative Commons (es.creativecommons.org/blog/licencias/), lo que la Unesco identifica como una posibilidad de mejorar la calidad de la educación, considerando que los materiales educativos quedarían de libre acceso a través de la internet, esto permitiría a poblaciones diversas acceder a material producido por instituciones reconocidas (Butcher, 2015; Unesco, 2012b).

Bajo esta noción o alguna similar, los REA diseñados y desarrollados para el estudio de la física han sido orientados a animaciones, simulaciones, seguidor de píxeles en vídeos de experimentos, presentaciones, vídeos, entre otros.

Desde hace algún tiempo los *physlets* (abreviatura de *physics* y *applets*) son los recursos que han venido siendo impulsados para ser utilizados en la

enseñanza de la física, un ejemplo de esto es el libro de física por ordenador (Franco, 2003), de libre uso, que se basa en una colección de *applets* para animar y en ocasiones con animaciones interactivas de conceptos físicos.

El proyecto Phet (Colorado) desarrolla un trabajo académico profundo en relación con la producción de REA para la enseñanza y aprendizaje de física y química principalmente. Por ejemplo, reporta estrategias eficaces en el uso de sus materiales con estudiantes de educación media en el área de física (Perkins, *et al.*, 2012), así como en el área de química (Carpenter; Moore; Perkins, 2015) dando cuenta de un trabajo continuo orientado a disponer de REA y estudiar sus posibilidades en ambientes de educación formal a nivel medio y superior.

Uno de los recursos más usados en la enseñanza y estudio de la física es la simulación; en ella se identifica la posibilidad de interactuar entre una *realidad creada* para aproximarse a la *realidad observada* desde el punto de vista de la física, en la que se registran potencialidades importantes en el uso de entornos virtuales, pero a la vez se es moderado en relación con desbordar sus potencialidades al punto de sustituir el experimento o la práctica de laboratorio (García, *et al.*, 2006; Kofman, 2006; Longji; Ayala, 2007; Martínez-Jiménez, 1994; Massons, *et al.*, 1993; Perkins *et al.*, 2012; Rodríguez, *et al.*, 2009; Rodríguez-Llerena, *et al.*, 2010).

En la internet se encuentran disponibles variados recursos educativos, equiparables a REA, para ser usados en la enseñanza de la física. Como el caso de la web Applets³ de física desarrollada por Walter Fendt (www.walter-fendt.de/ph14s/), PhysicsLAB (www.physicslab.org), KET Virtual Physics Labs (virtuallabs.ket.org) que están disponibles simplemente accediendo a la red.

Entre algunos REA, multiplataforma, con licenciamiento libre, para ser usados en la enseñanza de la física está Modellus® (www.modellus.co) y Vídeo Tracker® (www.physlet.org/tracker/). Estos, en

3. Es preciso señalar, al margen de este artículo, que los navegadores (Chrome, Mozilla, otros) no están ejecutando este tipo de programas acusando problemas de seguridad e integridad de la información.

el ámbito de la docencia o la investigación, permiten de forma interactiva a los usuarios (estudiantes y profesores) realizar actividades en un contexto físico. El primero, Modellus®, es una herramienta de simulación basada en métodos numéricos, específicamente en el método Montecarlo, el cual permite hacer montajes en el computador orientados a observar el comportamiento físico; para su uso se requiere conocer de antemano el modelo matemático que soporta el fenómeno físico. El Vídeo Tracker® es una herramienta que permite hacer seguimiento de píxeles, registrando datos con los cuales se pueden construir modelos físicos muy acordes a los teóricos que desde una mirada didáctica son muy funcionales⁴.

En el uso de REA, junto con otras posibilidades de las TIC, a partir de una experiencia de cinemática rotacional fundamentada en una propuesta didáctica de la física que incorpora las TIC en un contexto amplio, desde el registro de información hasta la presentación de la misma, considerando la inserción de TIC en diferentes niveles (cronómetro, semiautomático, automatizado) e intentando recrear una experiencia de cinemática rotacional, se llega a las siguientes conclusiones: los estudiantes descargan total confianza en el registro de la información, lo que puede resultar imprudente; reconocen las fortalezas de las TIC, pero consideran que estas deben incorporarse una vez que conceptualmente ya exista una fortaleza. En cuanto a los docentes, se destaca la responsabilidad de alfabetizarse en estas TIC para que, basados en la experiencia, decidan en qué momento y de qué forma serán utilizadas para potencialmente lograr la *mayor eficiencia* en el aprendizaje de los estudiantes (Suárez, 2008), lo que significa un sí a la incorporación de la tecnología, pero con base en criterios que consideren la práctica docente, el contexto de conocimiento y su nivel de formación.

Lo anterior es evidencia que los REA tienen un desarrollo y visibilidad importante, pero también

que las transformaciones en la escuela (entendidas como los sitios para la formación formal a diferentes niveles) no se dan a la misma rapidez que el avance tecnológico. Este renglón ha pasado en los últimos cuatro lustros a ser estratégico en las políticas de estado a nivel educativo en cuanto mostrar cifras se trata. Algunos países crearon redes de comunicación orientadas a prestar servicios para la comunidad científica y educativa, con el fin de fortalecer las interacciones y disminuir las curvas en el tiempo de transporte de información y estrechar los lazos. Un ejemplo para Colombia es RENATA, en esta idea se concibe que el tiempo de diseñar y crear un REA se disminuye sustancialmente en tanto que la cobertura es mayor, lo que coincide con la propuesta por la Unesco (Butcher, 2015; Unesco, 2012a).

Particularmente, en el contexto de la física Fisinf, grupo de investigación en la vinculación de la tecnología a la didáctica de la física, ha tenido dos momentos en los que han *intentado* recoger su experiencia y así lo han formulado: en 2003, a partir del tema sistema masa-resorte, para los licenciados en física, muestran diferentes formas de acceder al tema objeto de análisis (software de simulación-Interactive Physics IP®, interfaces de adquisición de datos, modelos matemáticos), concluyendo que esta alternativa didáctica genera mayores oportunidades para una mejor comprensión de los conceptos físicos (Fonseca, *et al.*, 2003). Para el 2006 proponen una secuenciación posible, que permite visionar una perspectiva de trabajo en la enseñanza de la física, en particular en lo referido a lo experimental, que acopla la experiencia y la simulación; en este proponen unos pasos a seguir en la creación de material, apoyado o no en TIC, que propenda por una mejor conceptualización de las teorías físicas en forma integral (Fonseca, *et al.*, 2006).

Adicionalmente, estudiar los aspectos vinculantes a la actividad del profesor en las diferentes áreas es y ha sido un campo de investigación amplio

4. Por ejemplo: Tutorial Caída Libre Tracker Laboratorio de física, <https://www.youtube.com/watch?v=Esa3e-46Fsg>.

en el que está la línea referida a las creencias, las representaciones, las ideas, las teorías implícitas o concepciones, entre otras. El conjunto de investigaciones, de la línea, tiende a comprender *al profesor* como una entidad que interacciona con su entorno en espacios académicos formales y no formales. Por ejemplo, los líderes del proceso educativo, los profesores, afrontan su actividad con base en sus fundamentos cognitivos, sus creencias, las emociones (Scheuer, *et al.*, 2006) así como aspectos de orden cultural (Molina, *et al.*, 2014).

Revisiones señalan que, para el caso del contexto de las ciencias, los profesores actúan de acuerdo a su visión de la ciencia. En un trabajo adelantado por Fernández *et al.* (2002) identifican que la ciencia se ve descontextualizada, individualista y elitista, empírico-inductivista y atórica, rígida, algorítmica, infalible, aproblemática y ahistórica, con una actividad exclusivamente analítica, acumulativa y con crecimiento lineal, trabajos que llegaron a ser punto neural en la formulación de una propuesta por la Unesco, dirigida a jóvenes en pro de una alfabetización científica (Fernández, *et al.*, 2005; Gil, *et al.*, 2005).

Molina y Utges (2011) en un trabajo orientado al estudio de la diversidad cultural en la enseñanza de las ciencias y en su revisión, han encontrado tres posiciones frente a las ciencias: universal, multiculturalista y pluralista epistemológica. La primera defiende la postura general y universal de las ciencias, la segunda desde un marco sociológico más amplio considera la sinergia existente entre los conocimientos ancestrales y científicos, finalmente los pluralistas epistemológicos equiparan el conocimiento ancestral con el científico.

La existencia de estudios de las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje (Villanova; Mateos; Garcia, 2011) señalan que prevalece, en la actividad docente y el sentido propio de esta, la concepción interpretativa en la evaluación, así como una orientación constructivista en la práctica docente de la actividad en ciencias en la educación superior; de otro lado se ha llegado a establecer la relación entre las concepciones de los

profesores con las ciencias, su formación inicial, su proceso continuo de capacitación y el contexto en el que trabaja (Rodríguez Garrido; Meneses Villagrà, 2005).

En algunos ámbitos se ha intentado identificar otros elementos correlacionados con las concepciones, que configuran un clúster de obstáculos para el desarrollo de nuevos enfoques en la enseñanza de las ciencias siendo estos: patrones de pensamiento y razonamiento, creencias epistemológicas y estrategias epistemológicas (Campanario; Otero, 2000), que requieren ser consideradas al momento del diseño del currículo (Barral, 1990).

Para Hernández y Maquilón (2011), el campo de conocimiento demarcado en el estudio de las concepciones de los profesores referidas a la enseñanza y aprendizaje las clasifica en un espectro que se limita por dos categorías: centradas en el profesor y el estudiante, con un puente entre ellas que está dado por quienes plantean una corresponsabilidad, es decir, que se establece un conjunto de posibilidades de los docentes en relación con su concepción de enseñanza aprendizaje, ubicándolos entre los que piensan en esta actividad centrada en el profesor y los que piensan en la total autonomía del estudiante.

Luego, al hacer referencia al trabajo de las concepciones de los docentes, se encuentran variados trabajos en diferentes áreas e indagando diversos aspectos. Sin embargo, contextos específicos en cuanto al uso de los REA no son tan evidentes, más aún en el área de una ciencia como la física.

Consideraciones teóricas

El estudio de *la realidad* ha pasado por conceptualizarse como la deconstrucción de los modelos científicos, construcción social o la exploración de diversos modelos científicos (Suárez, 2014). Lo cierto es que las comunidades académicas definen los códigos, los conceptos, en general un sistema de conocimiento de cómo ver *la realidad*, es decir, se acuerda la forma de observar y de lo que sería válido observar (Wartofsky, 1973).

Para Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) la realidad científica no es única, existen otras teorías que ellos denominan *teorías legas* y que permiten al ser humano interactuar con su entorno, las que podrían entenderse también desde la psicología popular como el “[...] vago conjunto de leyes y principios, en gran parte implícitos, acerca de las relaciones entre circunstancias externas, estados mentales y conducta [...]” (López Cerezo, 1989), estas teorías son las que subyacen el actuar permanente del ser humano, son aquellas sobre las que se toman decisiones *al instante* en las situaciones cotidianas.

Otros trabajos (Molina, *et al.*, 2014) basan su desarrollo en la anterior fundamentación, ampliando las relaciones de las concepciones de la enseñanza de la ciencia con la diversidad cultural, lo que implica muchas otras relaciones de orden político, ciencia, entorno escolar, entre otras.

Las creencias, junto con otros conceptos como representaciones, concepciones, previas, nociones entre otros, suelen ser en ocasiones tratadas de forma equiparable. Para el presente estudio las creencias se orientan a dos acepciones: como verdades incontrovertibles e idiosincráticas o como disposiciones a la acción en un contexto específico (Faria Campos, 2008). Para el efecto del presente estudio, las creencias son parte de la concepción, no son equiparables, toda vez que la concepción hace referencia a las teorías del sujeto sobre las que determina su acción y subyacen en general su modo de actuar.

Metodología

La metodología de la investigación en este segmento de estudio es de orden cualitativo, para lo cual se realizan entrevistas semiestructuradas a profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería, a través de las cuales se pretende develar las teorías implícitas (Rodrigo, *et al.*, 1993), basados en los supuestos epistemológicos de las concepciones en el uso de los REA. El análisis de las entrevistas se hará a partir de protocolos verbales (Ericsson; Simón, 1993) en conjugación con los planteamientos de Molina (2011).

El diseño y aplicación de las entrevistas es resultado de un protocolo estricto y riguroso en su validación y consolidación, proceso en el que intervienen pares (doctorandos), expertos en el tema (Ph.D. en física, física educativa, educación) así como pruebas piloto. La figura 1 muestra paso a paso el proceso adelantado.

La población del estudio son profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería. Los docentes para la entrevista se seleccionaron apoyados en los criterios de buenos informantes de la cultura científica (Milicic, *et al.*, 2006) objeto de estudio: físicos o licenciados en física, con formación posgradual en física, educación o ingeniería, experiencia docente en el área de la física para ingenieros, docente activo en universidad pública o privada en la ciudad de Bogotá-Colombia.

El proceso parte de la identificación teórica de las categorías que se infieren para el estudio a partir de la revisión bibliográfica, se construyen las situaciones elicitoras, que son las que motivarán la conversación de los profesores, se somete a revisión de pares, expertos, así como a su aplicación, para luego hacer los ajustes y llegar a una conciliación conceptual lista para ser aplicada.

Las categorías identificadas después de la etapa de revisión bibliográfica, que hacen parte del estudio se sintetizan en la tabla 1 se organizan en cuatro categorías con sus respectivas subcategorías.

La noción de *artefacto cultural* como objetivación de los modos de acción o praxis humana en consonancia con la evolución de la representación o modos simbólicos (Wartofsky, 1979), esta se plantea a partir de un análisis de las representaciones en interacción con la percepción. Lo *técnico-tecnológico*, como el contexto específico en el que se encuentran los REA y que son la razón de este estudio. En esta se vinculan los desarrollos tangibles, intangibles así como el “[...] conjunto ordenado de conocimientos, y los correspondientes procesos, que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia y los aspectos económicos, sociales y culturales involucrados[...]” (Aguiles; Ferreras, 2002, pp. 83) o

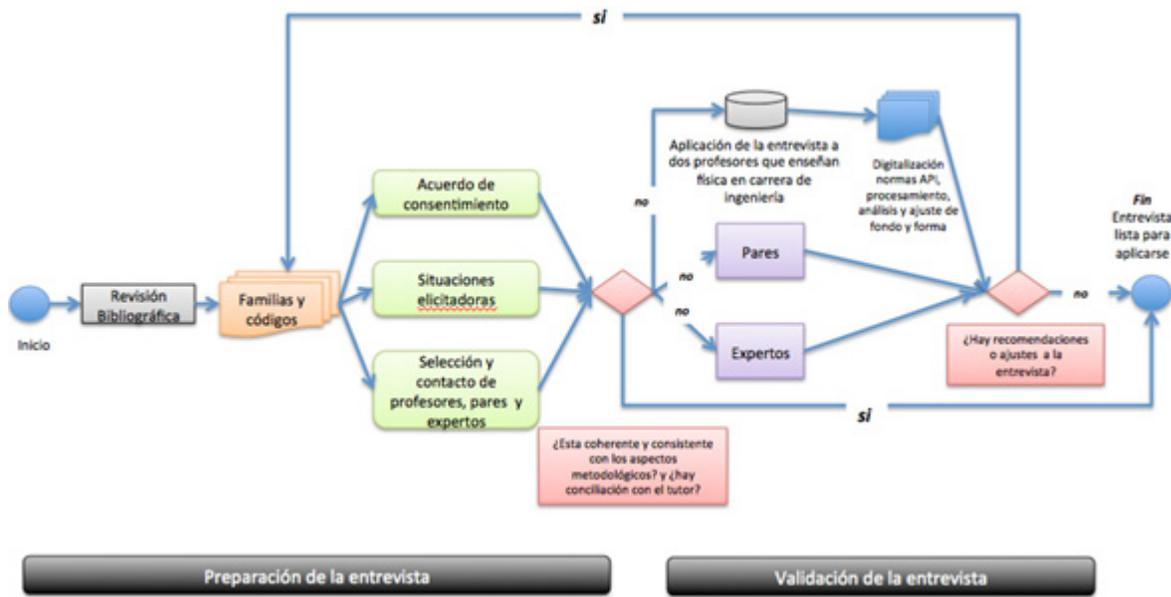


Figura 1. Ilustración del proceso para la validación del documento del protocolo.

Tabla 1. Categorías utilizadas para analizar las entrevistas.

Categoría	Subcategoría	Codificación
Artefacto Cultural	Mediación	AC-ME
	Material - ideal	AC-MI
	Niveles de artefacto	AC-NA
	Funcionamiento	TT-F
	Naturalización	TT-N
Técnico-tecnológico	Eficiencia	TT-E
	Desprovisto de una epistemología destino	TT-DED
	Diseño	TT-D
	Calidad de vida	TT-CV
	Aplicación	TT-A
	Digital	AACE-D
	Intención	AACE-I
Ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar	Aprendizaje situado	AACE-AS
	Cognición	AACE-C
	Evaluación	AACE-E
	Granular	AACE-G
	Reutilización	AACE-R
	La ciencia mediada por la tecnología	SC-MPT
Sociocientífico	Comercialización	SC-C
	Política	SC-P
	Interacción	SC-I

como el conjunto de conocimientos que hace posible la transformación de la naturaleza por el hombre y que es susceptible de ser estudiado, comprendido y complementado de acuerdo a la valoración y connotación cultural (Soto, 2008). El *ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar* como el contexto en el que se producen las interacciones educativas, es este donde el docente, los estudiantes, el saber y demás elementos intervienen directa o indirectamente en su configuración. Finalmente, y no menos importante, lo *sociocientífico* que discute los elementos que rodean las ciencias y las actividades educativas formativas en las ciencias.

En **artefacto cultural** se consideran tres subcategorías: *mediación*, *material-ideal* y *los niveles de artefacto*, cada uno de los cuales tiende a caracterizar la noción de artefacto, principalmente desde Wartofsky (1979), interpretada por Cole (1999) y llevada al contexto por Molina (2010). La *mediación* en el sentido de que los objetos físicos (por ejemplo: lápiz) enlazan, es una manifestación, modifican el pensamiento, es decir, que los artefactos son una mediación. Lo *material-ideal* es una característica que se interpreta como una interacción de modificación mutua, en la que los artefactos son una expresión del sistema cognitivo y a su vez estos modifican este sistema cognitivo, es decir, cuando lo interno se expresa externamente y cuando lo externo modifica lo interno (Kerckhove, 1999). Los *niveles de artefacto* son una taxonomía que Wartofsky (1979) hace de los tipos de artefactos, los que enuncia como de primer nivel (usados directamente en la producción), segundo nivel (representaciones de los de primer nivel y tienen un papel central en la preservación y transmisión de los modos de acción y creencias) y tercer nivel (aquellos con suficiente autonomía que pueden llegar a construir un mundo).

En lo **técnico-tecnológico** se consideran las subcategorías *funcionamiento*, *naturalización*, *eficiencia*, *desprovisto de una epistemología destino*, *diseño*, *calidad de vida* y *aplicación* cada una de las cuales aporta en la descripción de los aspectos técnicos-tecnológicos del objeto de estudio. El *funcionamiento* del uso de los REA en o las TIC en un ambiente de

aprendizaje, puede ocasionar distorsión o pérdida de la intención en su incorporación (Suárez, 2014) cuando esta última se centra en el uso de estos y no como mediación. La *naturalización* refiere la apropiación de artefactos o procedimientos al contexto cultural sin la previa reflexión de sus consecuencias (Dussel, 2010) o la que se evidencia de las actuales generaciones quienes hacen uso de la tecnología como nativos digitales (Piscitelli; Adaime; Binder, 2010), En las que los avances manifiestos en los artefactos y su uso ha sido durante toda su existencia, lo que las hace natural; aún no es claro el aporte de orden cognitivo de estas posibilidades. La *eficiencia* como la idea que mediante el uso de los REA pueden mejorar los índices de rendimiento académico, aunque la Unesco plantea una eficiencia en términos de cobertura y disminución de tiempo de producción y distribución (Butcher, 2015; Unesco, 2012a; Unesco, 2012b), *desprovisto de una epistemología destino*, al momento de enfrentar una ciencia, como la física, se delimita una epistemología de la enseñanza-aprendizaje en relación a los REA, lo que implica que en dicha epistemología se especifiquen las condiciones adecuadas a las tecnologías implicadas (su dinamismo, adaptabilidad, flexibilidad, canibalismo, accesibilidad), el contenido y las mediaciones involucradas, **no** en sentido contrario. El *Diseño* como esa cualidad de prever, de anticiparse a los sucesos o hechos (Fourez, 2005), es decir, ver desde un punto de vista tecnológico las intencionalidades, cualidades y potencial uso de los REA. La *calidad de vida* refiere a la propiedad de las personas frente a sus experiencias y actividades de vida y su relación de dependencia de sus interpretaciones y valoraciones de su entorno; específicamente la relación de objeto-atributo (Rodríguez; García, 2005), en el contexto se orienta a cómo se percibe la incorporación de los REA en la actividad docente. Finalmente, *aplicación* es una de las concepciones más comunes por parte de profesores de ciencias y de otras áreas de la tecnología (Fernández, et al., 2005; Fernández, et al., 2002; Fourez, 2005; Gil, et al., 2005), en el contexto de la enseñanza de las ciencias no es ajeno a estas miradas.

El **ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar** hace referencia a las subcategorías: *digital, intención, aprendizaje situado, cognición, evaluación, granular, reutilización* y *saber en la escuela*. Lo *digital* se refiere a la característica actual de los ambientes de aprendizaje, presente de diversas formas en los espacios sociales que en particular para la educación se conciben como un elemento de mediación (Galvis Panqueva, 2010a; Galvis Panqueva, 2010b). La *intención* entendida como la movilización de pensamientos enfocados a una actividad específica (Bonilla, 2008). El *aprendizaje situado* propuesto por Lave y Wenger en inicios de la década de los 90 (Clancey, 1995), hace referencia al que se presenta cuando los estudiantes están inmersos en una experiencia favorable en opciones propias de la cultura académica en la que se está formando, junto con su experiencia pasada (McComas, 2013). La *cognición* entendida como el razonamiento que hace el cerebro de las ideas que concibe, algo así como pasar de las ideas simples a complejas en el contexto (Locke, 1689), esta afecta las diversas formas de comprender y entender el mundo natural, las creencias (Molina, et al., 2014) Entre Otros Elementos Propios De La Actividad Humana. La *evaluación* como el elemento principal para acreditar los diversos procesos formativos. Lo *granular* señala la cobertura de contenidos (Learning, 2015) o la densidad cognitiva de los REA. La *reutilización* como la posibilidad de usar el material en diversos contextos diferenciados por la epistemología de destino y saber en la escuela cómo el paso que se da del

conocimiento científico al saber que circula en la escuela (Zambrano, 2005; Zambrano, 2006) a través de la transposición (Chevallard, 1998).

Concretadas las categorías o superfamilias de análisis con las respectivas subcategorías o códigos se procede a hacer y transcribir cada entrevista, las que se digitalizan para luego ser procesadas con el apoyo de Atlas Ti®; con base en las categorías y subcategorías se codifica y se buscan los modelos.

Para las entrevistas se plantean situaciones elicitoras, algunas de las cuales se copian en la tabla 2.

Se decide utilizar Atlas Ti® como herramienta para apoyar los análisis de los textos. Atlas Ti® facilita los procesos de organización y procesamiento de la información. Para su utilización los documentos del texto de la entrevista, en formato .docx de Ms Word® los admite como PrimaryDoc y son una fuente de los datos. Para el procesamiento de la información Atlas Ti® posibilita elaborar citas (quotations), códigos (codes), anotaciones (memos), familias (súper-family). Para obtener salidas de la información, el usuario o investigador, puede apoyarse en redes (network) construidas a partir de códigos con variedad de conectores, dispone de una herramienta denominada Code Cooccurrence Table que permite evidenciar dinámicamente la concurrencia de los códigos estableciendo un grado de correlación, así como la unión de códigos, entre algunas otras opciones para las salidas. Reafirmar el potencial de Atlas Ti® para el procesamiento de la información, que si bien exige una alfabetización también la compensa posteriormente con eficiencia en el manejo del tiempo y utilidades.

Tabla 2. Algunas situaciones que fueron empleadas en la investigación.

Situaciones elicitoras	
A	En 2012 el primer encuentro de Experiencias de innovación en didáctica de las ciencias y Tic aplicadas a la educación, en la Universidad Autónoma de Colombia, un profesor hizo una ponencia de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), en el que mostraba una simulación de la máquina de Atwood programada en Java que permitía cambiar los valores de las masas y mostraba el comportamiento del sistema y las gráficas de aceleración, la posición y la velocidad como función del tiempo. En las observaciones un diseñador mencionó que “[...] lo que no se muestra apropiadamente no se vende, así que lo más importante es la forma en que se manejan las imágenes, los colores, la forma del texto, en caso contrario eso no vende, los estudiantes y profesores no lo usan y más en casos como la física [...]” ¿Considera usted que el diseñador tiene razón?

<p>B</p>	<p>En un panel realizado en el marco de la Conferencia Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje, dos panelistas exponen sus argumentos en relación con la posibilidad de construir conocimiento en los estudiantes a partir de material electrónico, así: Panelista 1 (ingeniero y docente): “[...] los materiales digitales realmente permiten que los estudiantes apropien los conocimientos de las ciencias, como la física, dado que permiten a éstos navegar e interactuar en forma independiente y autónoma superando aspectos relevantes como el experimento al punto que muestran aspectos más próximos a la realidad, innegablemente permiten acercarse a formar representaciones de conocimiento [...]”;</p> <p>El panelista 2 (físico): “[...] el uso de material electrónico es un sofisma, es una moda, que no va de la mano con la forma en cómo se construye el conocimiento en la física, dado que es necesario en el laboratorio hacer observaciones y mediciones directas y no con esos materiales que se construyen con modelos fuera de la realidad [...]”</p> <p>¿Cuál es su opinión en relación con lo manifestado por los panelistas?, ¿puede usted manifestar algunas otras opciones de cómo abordar el tema?</p>
<p>C</p>	<p>El profesor Ángel Franco creó un libro electrónico interactivo basado en Applets de física que está libre en la web desde un ordenador. En una reciente conferencia de didáctica de las ciencias en Quito-Ecuador, el profesor Franco opinaba que su curso ha quedado obsoleto sin haber cumplido ampliamente su propósito en razón a que el mercado tecnológico disminuye la producción de ordenadores de escritorio y portátiles y va en crecimiento el uso de los dispositivos móviles (celulares, tablets, etc). Alguien del público interviene afirmando “ Efectivamente profesor Franco, ha perdido el tiempo”.</p> <p>¿Está usted de acuerdo con esta afirmación? ¿Es posible retomar y adaptar el trabajo del profesor?, ¿está de acuerdo en que hay una pérdida total?</p>
<p>D</p>	<p>En una reunión de profesores de física en el periodo intersemestral se discuten los aspectos relacionados con algunas prácticas de laboratorio de cinemática para medir la aceleración de la gravedad en el curso inicial. La profesora Luz menciona que: “[...] para esa práctica hay unos excelentes physlets (applets de física en la web) que le permiten al estudiante hacer el experimento cuantas veces quiera, lo que es suficiente, y además obtiene un valor de la aceleración muy cercano al de la realidad [...]”, el profesor Martin propone que “Es posible utilizar el Tracker (software para seguimiento de píxeles en un vídeo) que permite a partir de un vídeo de un objeto en caída libre hecho con cualquier dispositivo (celular, web cam, cámara digital, etc) hacer un seguimiento de píxeles del experimento aproximándose a una buena medida de la aceleración de la gravedad [...]”. El profesor Mainer manifiesta “Ninguna de esas prácticas es consecuente con la forma en cómo se construye conocimiento de la física en los estudiantes, Newton no requirió ninguno de éstos elementos para la formulación de sus leyes [...]” a continuación se retira de la reunión sin aportar ninguna solución al respecto. ¿Cuál es su opinión en relación con lo expuesto por el profesor Mainer? ¿Cuál puede ser una forma de preparar dicha práctica? ¿Es preciso considerar a qué estudiantes va dirigido? De ser así es diferente pensar para estudiantes de física, licenciatura en física, licenciatura en pedagogía infantil (en su mayoría mujeres), Ingeniería, etc.</p>
<p>E</p>	<p>No solo en la actual discusión de los currículos de ingeniería sino también de su enseñanza, se encuentran los planteamientos de Callaos presentados en la IV Conferencia Ibero-Americana de Ingeniería e Innovación Tecnológica: CIIT 2012. Señala que se debe repensar la ingeniería desde tres aspectos fundamentales: la praxis, la techné y la science, articulados y generando sinergia, incorporando las nuevas dinámicas que las TIC prometen para las nuevas generaciones. Los ingenieros afirman, que, por ejemplo, un profesor de física en ingeniería debe ajustar la física y su enseñanza a esta dinámica, flexibilizando los reportes de las experiencias de laboratorio para que sean presentados a través de un vídeo, pues las nuevas generaciones están más próximas al uso de los dispositivos móviles y en general de las Tic. Un profesor, enojado después de leer la anterior reflexión señala que “[...] eso del vídeo le quita seriedad a la formación de profesionales que requieren de la física y además la física es una sola no se puede ajustar de acuerdo a las diferentes profesiones [...] ” ¿Está usted de acuerdo con esta afirmación? ¿Qué opina usted en relación con la flexibilización de la enseñanza de la física, de acuerdo con las diferentes profesiones?</p>

F	<p>Vpython es un programa para hacer simulaciones en 3D, que fue desarrollado por David Sherer en el 2000 y utilizado por Ruth Chabay y Bruce Sherwood, para transformar la enseñanza y aprendizaje de física tradicional. Ellos indican que cuando elaboran sus propias simulaciones, basados en modelos computacionales para predecir la evolución temporal del comportamiento de los sistemas mecánicos en 3D, a partir de los principios físicos fundamentales (por ejemplo, cantidad de movimiento, principio de conservación de la energía, momento angular), logran mejores aprendizajes y una mirada dinámica de la física por parte de los estudiantes. Lo anterior les implica a los estudiantes aprender a programar y simular en Vpython y allí aplicar los conceptos de física, esta propuesta está en sus textos <i>Matter & Interactions I y II</i>. El profesor Jimeno, basado en su amplia experiencia como docente y físico de formación inicial, menciona que <i>“Lo anterior va en dirección opuesta a lo que se ha consolidado tradicionalmente en física a través de los textos de física para ciencias e Ingeniería de autores como Serway, Holliday, Sears, Tippens entre otros, donde ya hay una secuencia claramente demarcada que inicia desde los fundamentos de física, cinemática y demás [...] en tal sentido es preciso descartar esta propuesta además que incorpora el uso de un computador y un programa lo que desvía la atención en relación con la enseñanza de la física [...]”</i> ¿Qué opina usted de estas dos posturas? ¿Considera que la física a través de los años ha consolidado una estructura y una forma de enseñar y aprender?</p>
G	<p>Para la enseñanza de circuitos eléctricos de corriente continua, Nicolás que es profesor inquieto de física, ha diseñado unas diapositivas con un flujo de navegación flexible, las que complementa con algunas simulaciones en el software Crocodile y las refuerza con algunas situaciones problemas que trata como problemas de lápiz y papel, él pone a disposición su material digital. <i>Carmenza una profesora de física, le agradece y las toma, pero no las utiliza porque considera que ella debe usar su propio material dado que quedaría mal ante sus estudiantes utilizar un material hecho por otro profesor. Además, da como pretexto la no utilización, mencionando que abordan muchos temas en la presentación</i> ¿Qué opina usted? ¿Conoce colegas que hayan estado en esta situación?, ¿usted ha estado en esta situación?, ¿cómo la ha abordado?</p>
H	<p>En los países como Alemania, Inglaterra, entre otros, los estudiantes que estudian ciencias e ingeniería adquieren un amplio y rápido reconocimiento en la comunidad académica y científica. En países latinoamericanos, donde la diversidad cultural, étnica, social y en estado de <i>subdesarrollo</i>, los estudiantes que cursan carreras de ciencias e ingeniería logran su reconocimiento y son leídos si su formación ha sido en países europeos, en caso contrario lograrlo es muy difícil o imposible. Es el caso de una profesora de física que escribió a una revista inglesa y su artículo fue rápidamente rechazado porque no tenía el respaldo o reconocimiento de un científico de la sociedad. ¿Cuál es su opinión al respecto? ¿Es necesario validar los conocimientos con quienes lideran la sociedad de física?</p>
I	<p>Varios profesores de física se encuentran en receso de clases tomándose un café y comentando las últimas noticias relacionadas con la aprobación de programas de ingeniería de una universidad muy reconocida en Colombia, que ofrece programas de pregrado a distancia y modalidad virtual. El profesor Nesnel comenta que <i>“[...] eso es una ridiculez e irresponsabilidad que programas de ingeniería se ofrezcan en modalidad virtual, toda vez que las áreas básicas, como la física, requieren presencialidad para su desarrollo, pues eso de los laboratorios virtuales, tutorías virtuales, laboratorios remotos NO permiten aproximarse a los estudiantes a la realidad de la ciencia, más en carreras como electrónica con un alto contenido físico y matemático [...]”</i>. El profesor Giovanni emite su opinión mencionando que <i>“[...] la metodología virtual es una opción válida para desarrollar cualquier programa inclusive los de ingeniería, pues no se le puede negar las opciones a las personas de formarse aun cuando se encuentren en sitios distantes a los lugares en los que se imparte [...]”</i>. Complementa su afirmación mencionando que <i>“Además, las Tecnologías de la Información y la Comunicación se han desarrollado tanto que pueden sustituir con facilidad las bibliotecas, los laboratorios y demás aspectos propios de la presencialidad [...]”</i> ¿Qué opina usted de las posturas de los profesores? ¿Si usted fuera un par académico aprobaría estos programas? ¿Las simulaciones o laboratorios virtuales efectivamente sustituyen las actividades de laboratorio en la presencialidad?</p>

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la interpretación de la entrevista de dos profesores, basados en las categorías anteriormente expuestas. Los nombres que se utilizan son hipotéticos, no corresponden al nombre real de los profesores. A continuación, se toma cada profesor, Geimar Cavanzo y Orlando Riveros, en el desarrollo de la entrevista desde cada una de las categorías planteadas.

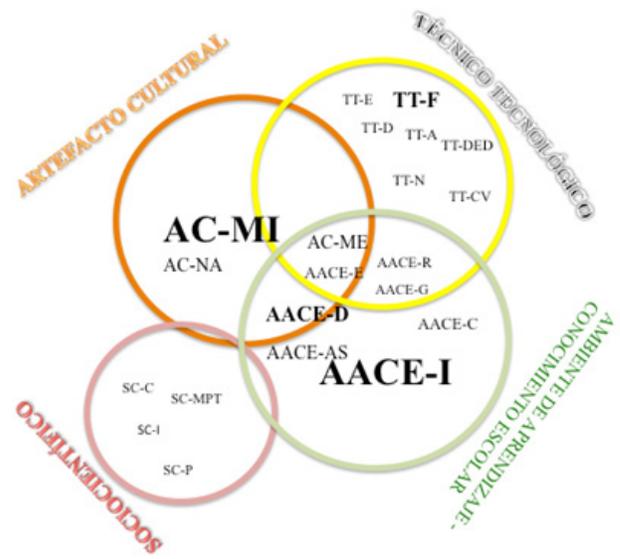
Modelo de concepción de la entrevista del profesor Geimar Cavanzo, quien trabaja principalmente en universidad privada

El profesor es Geimar, trabaja como profesor de física para ingeniería en una universidad privada desde hace más de 20 años. Tiene otros compromisos en otra universidad privada, la formación base es física y sus estudios posteriores han estado en la misma disciplina, ha estado vinculado como profesor de física en otras instituciones; así mismo, se ha desempeñado en otros currículos diferentes a la ingeniería. El profesor Geimar es egresado de una universidad pública, proviene de una región cálida que dista aproximadamente a 400 km de la ciudad de Bogotá. Su desarrollo profesional como profesor ha sido principalmente en Bogotá.

El profesor Geimar en su concepción logra inferir varias aproximaciones a los REA, las que se describen desde cada una de las categorías o súper familias (SF). Desde la SF *artefacto cultural* logra entenderse como la incidencia que tiene las interacciones, la relación entre material e ideal, como la abstracción y comprensión de los modelos a partir de la *realidad* y como la *realidad* se logra comprender a partir de los modelos, más cuando esta se ubica en actividades que son observables y medibles, en cuyo caso los REA son considerados limitados. De otro lado, en la SF mediación relevante para la construcción de conocimiento físico está la matemática, toda vez que permite construir modelos para predecir y explicar, así como para validar las hipótesis. La matemática es observada como una mediación activa que promueve

la interacción cognitiva que permite ver la realidad y reconstruirla, en tanto que los REA no permiten lograr una mediación lo suficientemente *válidos* para construir el saber físico por parte de los estudiantes.

Figura 2. Modelo del profesor Geimar Cavanzo.



En relación con la SF ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar, el profesor Geimar entiende la matemática como la más importante en la reconstrucción de los modelos físicos y es allí donde debe considerarse la intención formativa. Además, él considera la digitalización como importante, pero los aspectos disciplinares lo son aún más. Reflexiona el profesor que los REA pueden ser una herramienta como cualquier otra, es decir, no tienen un valor agregado que permita verlos de manera distinta, pues el mayor esfuerzo a realizar está en los aspectos cognitivos. En cuanto a la SF sociocientífica, el profesor Geimar identifica que los REA pueden tener un asunto de orden mercantilista que podría ser un obstáculo para entender los modelos físicos, se ve más próximo a identificar como los REA, más aún en la física computacional, pueden aproximarse a ser una herramienta inicial de validación de avances teóricos de la disciplina. La figura 2 es un esquema del modelo de concepción del profesor Geimar, la que a continuación se desarrolla más extensamente.

Lo planteado por el profesor Geimar deja ver claramente que los conceptos físicos son modelos que se sustentan en la matemática, luego el entendimiento de la matemática es fundamental para que sirva de mediación exitosa en la comprensión y reconstrucción de los modelos físicos que se derivan de la realidad. De otro lado, la realidad que se construye en el laboratorio, *el experimento*, es fundamental en el entendimiento de los modelos físicos, la actividad de laboratorio y la reconstrucción de modelos son nodales, en tanto que los REA pueden ser elementos posteriores para afianzar los aprendizajes, pero estos no podrían ser empleados desde el inicio, es decir, no son una mediación válida en la construcción de modelos físicos. Retomando al profesor Geimar

[...] Construir modelos pasa por conocer matemáticas, si nuestros alumnos no conocen matemáticas difícilmente pueden construir modelos y si difícilmente pueden construir modelos difícilmente pueden aprender física [...] es preferible construir con los estudiantes el modelo (.) hacerlos ver qué es lo que tenemos nosotros de antemano, qué construimos y luego la representación allí y luego en acción allí [...] es decir, el estudiante construye un modelo y luego lo pasa por el computador [...] en el que visualiza el modelo que ha construido para poder describir un determinado fenómeno [...].

El profesor deja entre ver que la física es una ciencia universal, vista de esta forma no tiene por qué centrarse en la idea de a quién va dirigida, lo que se debe considerar es qué elementos de mediación, es decir, de matemáticas, tiene el estudiante para poder tratar la física, lo anterior se evidencia en

[...] Indiscutiblemente la física es una sola, [...] yo creo que uno ↑no↓ puede hablar de física para este determinado grupo, [...] lo que hace distinta a la física en cada uno de los grupos es el nivel de conocimiento, de preparación adecuado para recibir los cursos [...].

Los REA y en general las TIC, difícilmente serán una mediación que sustituyan la realidad, al referirse a la virtualidad, así como su aporte en la construcción del conocimiento. La observación, como parte de la percepción y como elemento constitutivo de la actividad científica, se debe hacer a partir de la actividad del experimento y en general de la actividad de laboratorio, se ratifica que los REA o las TIC se deben considerar como elemento complementario.

[...] Esto ↑no↓ sustituye los laboratorios, ↑jamás↓ va a sustituir los laboratorios, ese tipo de tecnología que se muestra a través de una pantalla no lo hará de ninguna manera [...] el conocimiento se construye a partir de la mirada a la realidad, y la realidad no es eso, la realidad es el fenómeno que está percibiendo el muchacho eso no lo sustituye [...].

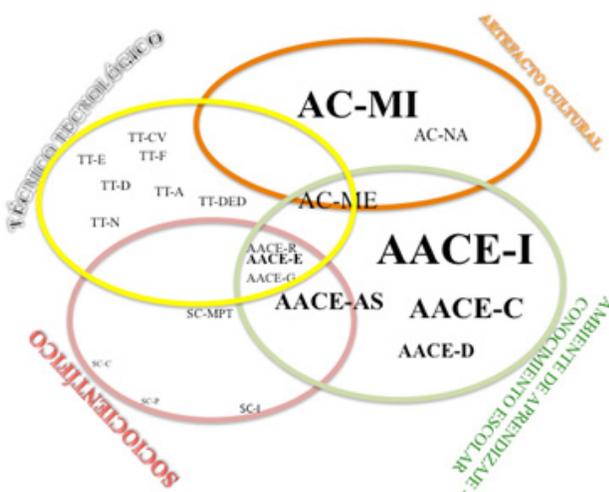
Modelo de concepción de la entrevista del profesor Orlando Riveros, quien trabaja principalmente en universidad pública

El profesor Orlando Riveros trabaja en una universidad pública como profesor de física para ingeniería. Tiene algunas horas extras en otra universidad privada. Su pregrado es de licenciado en física, sus estudios posgraduales han estado en la ingeniería y la educación y su experiencia como docente es de más de 20 años. Sus estudios los ha cursado principalmente en universidades públicas. Su origen es ciudadano y se ha desempeñado como investigador en el área de la didáctica de la física.

En la concepción del profesor Orlando Riveros se seguirá la estructura que se usó para el anterior profesor, es decir, se describirá desde cada una de las SF y luego se procederá a hacer un poco más extensa apoyados en sus afirmaciones. Desde la SF artefacto cultural se identifica que en la mediación, la abstracción como una operación cognitiva es necesaria para lograr el entendimiento de los conceptos físicos, los REA pueden constituirse en un elemento clave para favorecer este proceso, siempre y cuando se tenga una intención definida de cuándo se incorporan este tipo de materiales, los cuales deben

estar en mutuo complemento con las actividades ya existentes. En relación con la SF técnico–tecnológico, infiere cómo los REA son elementos potenciales que pueden favorecer operaciones cognitivas como la abstracción, la interacción o aumentar la motivación, pero estos no deben sustituir sino complementar acciones como abordar problemas de lápiz y papel entre otros. La figura 3 presenta un esquema que intenta ilustrar la concepción.

Figura 3. Modelo de concepción del profesor Orlando Riveros.



El profesor Orlando, en relación con la SF ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar, ubica que la *intención* es lo más importante, es decir, que proyectar una actividad formativa implica pensar a quién se dirige y cómo se dirige, así como el contexto formativo, específicamente la formación en ingeniería. Allí los REA juegan un papel interesante en la medida en que pueden aproximar a los estudiantes a entender la fenomenología física, ya sea usando algunos que les permita interactuar con la realidad. En cuanto a la SF sociocientífica, señala que los REA requieren apoyo de diseño, pero lo importante es lo referido a su contenido y al número de variables físicas consideradas en el diseño, de tal forma que se favorezca la interacción del estudiante, que plantee sus propios retos y los ponga a prueba, lo que sería aportar al pensamiento científico.

Los REA pueden ser una herramienta de mediación que pueden facilitar la labor de enseñar y aprender, pero estos deben articularse y provocar sinergia con los demás elementos presentes en la didáctica de la física. Como tal, los REA no sustituyen los elementos presentes, como ya se mencionó, en la didáctica de la física como *epistemología aplicada* lo que se puede lograrse es un complemento que se puede identificar en:

[...] Creo que es [...] innegable que los/ problemas de lápiz y papel, así como el experimento cotidiano acercan siempre al individuo a aprender con mayor objetividad la física (.) porque esa es la parte de la herencia de la misma física, la experimentación, el trabajo teórico y manual [...] pero la ayuda tecnológica hay un momento que se requiere por el hecho de que se debe pasar a una experimentación un poco más seria más sofisticada [...].

Es preciso tener en cuenta que los REA no son la fuente de conocimiento de la física, del mismo modo la intención en la escuela (en particular de la ingeniería), es lograr que los estudiantes entiendan la física y que esta contribuya a su formación en aspectos formales y experienciales de la ingeniería. La intencionalidad no debe cambiar en la enseñanza de la física, es decir, los REA no deben ser un elemento distractor sino facilitador o mediador en el acceso a los aprendizajes de la física.

[...] El conocimiento no está en la computadora [...] el conocimiento está en la ciencia [...] y la ciencia es la que hay que tratar de ayudar a que los estudiantes vayan tratando de entender [...], que aprendan esos métodos científicos [...] que los estudiantes aprendan a no tener la aplicación directa sin saber que tienen esas cajas negras [...].

Conclusiones

Develar las teorías implícitas o concepciones de los profesores en relación con el uso de los REA marca un camino para encontrar aspectos fundamentales

del saber en la escuela o saber escolar en los que se identifica que la intención, la mediación, la relación con los artefactos (material e ideal), la física como ciencia y fuente de conocimiento, la matemática como una mediación y fundamentación en la reconstrucción de modelos físicos son los elementos que aportan, principalmente, a la cognición de los estudiantes cuando aprenden física.

A lo largo de las entrevistas se identifica una tensión entre los profesores, Geimar y Orlando. Por un lado se aproxima a plantear que la matemática es el elemento mediador para la reconstrucción de los modelos físicos por parte del estudiante, por el otro, un tanto más flexible, posibilita que los REA pueden ser un elemento mediador bajo ciertas condiciones, lo que lleva a pensar que entre estos puntos se puede encontrar un espectro de posibilidades y de aspectos que definan la potencialidad de usar o no los REA en la enseñanza y aprendizaje de la física.

Existe una convergencia de fondo, dado que el deseo es lograr aprendizajes cada vez más óptimos de la enseñanza de la física, así como que los REA son un complemento a las ya existentes posibilidades en la actividad docente. Sin embargo, de un lado se es contundente en que los REA sean una mediación válida para el aprendizaje de la física, pero de otro no alcanza ese estatus.

Los REA frente a la *realidad física* se encuentra otro punto tensionante. Mientras que de un lado el experimento es la forma de contrastar y reconstruir modelos físicos, por el otro lado se abre la posibilidad de utilizar los REA siempre que estos permitan interactuar con esta realidad, es decir, que los *physlets* no se descartan para la actividad docente, pero son vistos como muy limitados dado que no permiten esa posibilidad de ver la *realidad estudiada*.

Aproximarse a establecer en qué momento los REA pueden aportar al aprendizaje de la física es uno de los elementos que se pueden concluir. Los REA pueden ser incorporados en algún momento de la secuencia didáctica cuya intención sea interactuar con el modelo, es decir, que se debe haber elaborado una aproximación clara del modelo físico así como de la fenomenología a estudiar.

Desde su actividad como profesores de física, los dos profesores ven los REA en perspectiva. El profesor Geimar ve la didáctica de la física centrada en los modelos físicos y la matemática necesaria para reconstruir los modelos; en tanto que el profesor Orlando propone una didáctica de la física que dinamice los recursos epistemológicos heredados de la física, es decir, que vincule las mediaciones y posibilidades ofrecidas por los REA y en general por las TIC.

En perspectiva, se precisa continuar procesos de indagación relacionados con la modelación de las concepciones de los profesores de física de la Facultad de Ingeniería, así como la realización de una cartografía de las concepciones, objeto de este estudio, en otras regiones, de forma que se tenga una mayor generalización de los resultados. Así mismo, desde la epistemología propia de la física y su enseñanza, es preciso valorar en qué medida y las características necesarias para que los REA sean una mediación válida.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación y Desarrollo Científico (CIDC) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quien da apoyo económico parcial al proyecto doctoral, mediante código 4-601-373-13 de la convocatoria del año 2013. A mis hijos (Erika, Daniela, Felipe, Nicolás y Sofía), quienes me han apoyado con el sacrificio de nuestro tiempo en familia. Al grupo INTERCITEC por el apoyo recibido y a quien también pertenece esta publicación. El autor dedica de manera muy especial este documento a la profesora Adela Molina Andrade por su aporte y contribuciones a las decisiones que hoy dan luz a esta investigación.

Referencias

AQUILES, G.; FERRERAS, M. **La Educación Tecnológica. Aportes para su implementación.** Ministerio de Educación. Buenos Aires Argentina, 2002.

- BARRAL, F. ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. **Enseñanza de las ciencias. Investigación y experiencias didácticas**, vol. 8, 3, 244-250, 1990.
- BONILLA, Ernesto. Evidencias sobre el poder de la intención. **Investigación Clínica**. 2008.
- BUTCHER, N. **Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos**. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), París, 2015.
- CAMPANARIO, J.; OTERO, J. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Investigación didáctica**, vol. 18, 2, 155 - 169. 2000.
- CARPENTER, Y.; MOORE, E.; PERKINS, K. *Using an interactive simulation to support development of expert practices for balancing chemical equations*. In: CONFICHEM: INTERACTIVE VISUALIZATIONS FOR CHEMISTRY TEACHING AND LEARNING, 2015.
- CASAS MORENO, A. **COLOMBIA EN PISA 2012 Informe nacional de resultados Resumen ejecutivo**. Icfes (Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior). Bogotá, 2013.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado**. Grupo editor AIQUE. 3^{era} edición, 1998.
- CLANCEY, W.J. A Tutorial on Situated Learning. In: International CONFERENCE ON COMPUTERS AND EDUCATION, Taiwan, 1995
- COLE, M. **Psicología cultural una disciplina del pasado en el presente**. Madrid, Ediciones Morata, 1999.
- DAHL, O.; NYGAAR, K. Class an Subclass Declarations. In: SIMULATION PROGRAMMING LENGUAJES, Amsterdam, North Holland. 1967.
- ERICSSON, A.; & SIMÓN, H. **Protocol Analysis**. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 1993.
- FARIA, E. (2008). Creencias y Matemáticas. **Cuadernos de investigación y formación en educación matemática**, vol. 3, 4, 9-27, 2008.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL PÉREZ, D.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En GIL, et al.: **¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años**. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América latina y el Caribe, 2005.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**. 3, 477-488, 2002.
- FONSECA, M.; Hurtado, A.; Lombana, C.; Ocaña, O. Aproximación a una propuesta didáctico - experimental que integre nuevas tecnologías en la enseñanza de las oscilaciones de un sistema masa-resorte. **Revista Colombiana de Física**, vol. 35, 1, 90-94, 2003.
- FONSECA, M.; Hurtado, A.; Lombana, C.; Ocaña, O. La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. **Revista Colombiana de Física**, vol. 38, 2, 707-710, 2006.
- FOUREZ, G. (2005). **Alfabetización Científica Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires, Coliue, 2005.
- FRANCO GARCIA, Á. (2003). **Física con ordenador curso Interactivo de Física en Internet**. Disponible en <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- GALVIS PANQUEVA, A. Nuevos Ambientes Educativos Basados en Tecnología. **Sistemas**. 117, 2010a.
- _____. La PIOLA y el desarrollo profesional docente con apoyo de Tecnologías de Información y Comunicación TIC. **Tecnología y Comunicación Educativas**, Año 22, 46. 2010b.
- GARCIA B.; GIL M. Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 5, 2, 304-322, 2006.

- GIL, D., et al. **¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.** Santiago de Chile: Andros Impresores, Unesco, 2005.
- HERNÁNDEZ, P. Las creencias y las concepciones. Perspectivas complementarias. **Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, 14, 165-175, 2011.
- KERCKHOVE, D. **La Piel de la Cultura-Investigación la nueva realidad electrónica.** Barcelona, Gedisa S.A., 1999.
- KOFMAN, H. Simulaciones con mayor realismo en óptica geométrica. In: XII CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (CACIC 06), San Luis, Argentina, 2006.
- KUHN, T. **La estructura de las revoluciones científicas.** México: Fondo de Cultura Económico, 1971.
- Learning, Advanced Distributed. (2015). SCORM Certified Products / SCORM Adopters. Disponible <<http://www.adlnet.org/scorm/scorm-version-1-2.html>>. Visitado en: 11 jul., 2015.
- LOCKE, J. **Compendio del Ensayo sobre el entendimiento humano.** Filosofía Alianza Editorial, 1689.
- LONNGI, P.; AYALA, D. La física y sus modelos; las simulaciones como herramienta didáctica. **Revista Cubana de Física**, vol. 4, 3, 76-79, 2007.
- LÓPEZ CERREZO, J. El caso contras la psicología popular. **Journal Cognitiva**, vol. 2, 3, 227-242, 1989.
- MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, P.; LEÓN ÁLVAREZ, J.; PONTES PEDRAJAS, A.. Simulación mediante Ordenador de Movimiento Bidimensionales en medios resistentes. **Enseñanza de las Ciencias**, vol. 12, 1, 30-35, 1994.
- MASSONS, J.; CAMPS, J.; CABRÉ, R. Electrostática y EAO: una experiencia de simulación. **Enseñanza de las Ciencias**, vol. 11, 2, 79-184, 1993.
- McCOMAS. **The Language of Science Education.** Fayetteville, Estados Unidos, 2013.
- MILICIC, B.; SANJOSÉ, V.; UTGES, G.; SALINAS B. La cultura académica como condicionante del pensamiento y la acción de los profesores universitarios de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, 12, 263-284, 2007.
- MOLINA, A.; UTGES, G. Diversidad cultural, concepciones de los profesores y los ámbitos de sus prácticas. Dos estudios de caso. **Revista De Enseñanza De La Física**, 24, fascículo 22, 7-22, 2011.
- MOLINA, A. Una relación urgente: Enseñanza de las ciencias y contexto cultural. **Revista EDUCyT**, vol. 1, 1, 76-88, 2010.
- MOLINA A., et al. **Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.** Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Serie grupos, vol. 6, 2014.
- PERKINS, K., et al. Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes. In: ERC PROCEEDINGS, EUROPEAN STUDIES CONFERENCE 38th ANNUAL. University of Nebraska at Omaha. Omaha, Nebraska, 2012.
- PISCITELLI, A.; ADAIME, I.; BINDER, I. **El proyecto Facebook y la posuniversidad. Sistemas operativos sociales y entornos abiertos de aprendizaje.** Madrid, Editorial Ariel, 2010.
- RODRIGO, M.; RODRIGUEZ, A.; MARRERO, J. **Las Teorías Implícitas una aproximación al conocimiento cotidiano.** Distribuciones. Madrid, Visor, 1993.
- RODRIGUEZ, D.; MENA, D.; RUBIO, C. Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química. **Tecnología, Ciencia, Educación**, 14, 1-2, 127-136, 2009.
- RODRIGUEZ GARRIDO, E.; MENESES VILLAGRÁ, J. Las concepciones y creencias de profesores de ciencias naturales sobre ciencia, su enseñanza y aprendizaje, mediadas por la formación inicial, la educación continuada y la experiencia profesional. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**, vol. 5, 2, 2005.

- RODRIGUEZ, N.; GARCIA, M. La noción de Calidad de Vida desde diversas perspectivas. **Revista de investigación**, 57, 2005.
- RODRÍGUEZ-LLERENA, D.; LLOVERA-GONZÁLEZ, J. Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. **Latin American Journal Physics Education Lajpe**, vol. 4, 1, 181-187, 2010.
- SANOU, B. **ICT Facts & Figures The world in 2015**. ICT Data and Statistics Division Telecommunication Development Bureau International Telecommunication Union. 2015. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- SCHEUER, N.; et al. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos**. Barcelona, Editorial Grao, 2016.
- SOLEDAD B.; GANIMIAN, A.; VEGAS, E. América Latina en PISA 2012 - Brief #4: ¿Cuántos estudiantes logran desempeño destacado? In: B.-. Educación (Ed.), **América Latina en PISA 2012**. Inter-American Development Bank, 14, 2014a.
- SOLEDAD B., et al. América Latina en PISA 2012 - Brief #12: Colombia en PISA 2012 logros y desafíos pendientes. In: B.-. Educación (Ed.), **América Latina en PISA 2012**. Inter-American Development Bank, 14, 2014b.
- SOTO, A. **Educación en tecnología: un reto y una exigencia social**. Bogotá, Cooperativa Editorial del Magisterio, 2008.
- SUÁREZ, O. Concepciones, artefactos culturales y objetos de aprendizaje. In: A. MOLINA (Ed.), **Enseñanza de las Ciencias y cultura: múltiples aproximaciones**. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Doctorado Interinstitucional en Educación, Bogotá, Serie Grupos, 7, 61-81, 2014.
- _____. Aproximación al origen de la noción de objeto de aprendizaje: revisión histórico – bibliográfica. **INGE CUC Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Costa**, vol. 12, 2, 2016.
- _____. ¿Las tecnologías de la información y la comunicación favorecen la intención de los laboratorios didácticos de física? una experiencia en cinemática rotacional. **Revista de educación, pedagogía y ciencia**, vol. 1, 1, 2008.
- UNESCO. **Comunicación e Información - Recursos Educativos Abiertos**. UNESCO. 2013. Disponible en: <<http://www.unesco.org/new/es/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/>> Visitado en: 11, jul., 2016.
- _____. **Declaración de París de 2012 sobre los REA**. UNESCO. 2013. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Spanish_Paris_OER_Declaration.pdf>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- Universidad de Colorado. Proyecto Phet. Disponible en <<https://phet.colorado.edu/es>> Visitado en: 11, jul., 2016.
- VILLANOVA, S.; MATEOS, M.; GARCIA, B. Las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en docentes universitarios de ciencias. **Univer-sia**, vol. 2, 3, 2011.
- WARTOFSKY, M. **Filosofía de la ciencia**. Edición en español. Madrid, Alianza Editorial, 1973.
- _____. **Models: Representation and the Scientific Understanding (Vol. XLVIII)**. Londres, D. Reidel Publishing Understanding, 1979.
- ZAMBRANO, L. **Pedagogía, Didáctica y Saber**. Bogotá, Editorial Magisterio, 2005.
- _____. Las ciencias de la educación y didáctica: Hermenéutica de una relación culturalmente específica. **Revista Educere**, 583-589, 2006.

