



Título: Sin título - Autor: Gabriel Alonso Heredia - Técnica: Óleo sobre tela - Dimensiones: s/d

# Actividades tecnológicas escolares: un recurso didáctico para promover una cultura de las energías renovables\*

## Artículo de investigación

Technological Activities at School: A Teaching Resource to  
Promote a Culture of Renewable Energies  
Atividades tecnológicas escolares: um recurso didático para  
promover uma cultura das energias renováveis

Antonio Quintana Ramírez\*\*  
John Jairo Páez\*\*\*  
Patricia Téllez López\*\*\*\*

### Para citar este artículo:

Quintana, A., Páez, J. y Téllez, P. (2018). Actividades tecnológicas escolares: un recurso didáctico para promover una cultura de las energías renovables. *Pedagogía y Saberes*, 48, 43-57.

\* Este artículo es resultado de la investigación "Estrategia pedagógica para promover una cultura de las energías renovables en el sistema educativo colombiano", financiada por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas dentro de la convocatoria 17-2013, de apoyo a alianzas de grupos de investigación de diferentes facultades, realizada por los grupos GIEAUD y DIDACTEC.

\*\* Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Magister en Tecnologías de la información aplicadas a la educación de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia y doctorando en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Investigador del Grupo DIDACTEC.  
Correo electrónico: aquintana21@gmail.com  
Código ORCID: orcid.org/0000-0002-2912-6542

\*\*\* Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Magister en Tecnologías de la información aplicadas a la educación de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia; magister en Ingeniería de Sistemas y Computación y doctorando en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Investigador del Grupo DIDACTEC.  
Correo electrónico: jjpaezr@udistrital.edu.co  
Código ORCID: orcid.org/0000-0003-2223-9883

\*\*\*\* Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia y Universidad Pedagógica Nacional. Especialista en Educación en Tecnología y estudiante de maestría en Educación en Tecnología de Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Investigadora del Grupo DIDACTEC.  
Correo electrónico: pattyte2002@yahoo.com  
Código ORCID: orcid.org/0000-0003-4381-3338

---

## Resumen

El artículo presenta los resultados de una investigación en la cual se diseñó y evaluó una propuesta de estructura de Actividades Tecnológicas Escolares (ATE). Tales actividades permiten abordar el estudio de la tecnología en sus dimensiones técnicas y socioculturales en relación con las energías renovables. En la primera parte del texto se encuentran: las consideraciones teóricas sobre la relación energías renovables y educación y su desarrollo particular en Colombia; los presupuestos pedagógicos que sustentan este tipo de actividades, en general asociados a la perspectiva constructorista de los aprendizajes y la conceptualización de este tipo de actividades, así como algunas reflexiones sobre la noción de cultura implicada en los procesos que se proponen su transformación. En la segunda parte se describe la propuesta pedagógica de ATE organizada en dos etapas: El diseño didáctico de las actividades y la construcción de prototipos. En la tercera parte se presenta la metodología del estudio seguida de los resultados sobre la implementación y validación de la propuesta. El estudio muestra evidencias del valor didáctico de la estructura de las ATE, la pertinencia del tema en la escuela y el interés y la disponibilidad por parte de estudiantes y docentes hacia un cambio cultural que mejore el uso eficiente de las energías alternativas.

## Palabras clave

actividades tecnológicas escolares; educación en tecnología; energías renovables; Arduino; android

---

## Abstract

The article presents the results of a research in which a proposal for a structure of Technological Activities at School (TAS) was designed and assessed. These activities make it possible to address the study of technology in its technical and sociocultural dimensions related to renewable energies. The first part of the text presents: the theoretical considerations about the relationship between renewable energies and education, as well as their particular development in Colombia; the pedagogical assumptions that support this kind of activities, usually associated to the constructionist perspective of learning and the conceptualization of this kind of activities; and some reflections about the idea of culture involved in the processes that strive for its transformation. The second section describes a pedagogical proposal for TAS in two phases: the didactical design of activities and the construction of prototypes. The third section presents the methodology of the study, followed by the results of its implementation and the validation of the proposal. The study shows evidences of the didactic worth of the structure of the TAS, the relevance of the subject in the school and the interest and openness of teachers and students to a cultural change that improves the efficient use of renewable energies.

## Keywords

technological activities at school; technology education; renewable energies; Arduino; android

---

## Resumo

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa na qual se desenhou e avaliou uma proposta de estrutura de Atividades Tecnológicas Escolares (ATE). Estas atividades permitem abordar o estudo da tecnologia nas suas dimensões técnicas e socioculturais em relação com as energias renováveis. Na primeira parte do texto encontram-se: as considerações teóricas sobre a relação entre as energias renováveis e a educação e seu desenvolvimento particular na Colômbia; os pressupostos pedagógicos que sustentam este tipo de atividades, geralmente associados à perspectiva constructorista das aprendizagens e a conceptualização deste tipo de atividades, como também algumas reflexões sobre a noção de cultura implicada nos processos que têm como alvo sua transformação. Na segunda parte descreve-se a proposta pedagógica de ATE organizada em duas etapas: o desenho didático das atividades e a construção de protótipos. Na terceira parte, apresenta-se a metodologia do estudo seguida dos resultados sobre a implementação e a validação da proposta. O estudo mostra evidências do valor didático da estrutura das ATE, a pertinência do tema com a escola e o interesse e a disponibilidade por parte dos estudantes e dos docentes para uma mudança cultural que melhore o uso eficiente das energias alternativas.

## Palavras chave

atividades tecnológicas escolares; educação em tecnologia; energias renováveis; Arduino; android

## Introducción

El enfoque predominantemente antropocéntrico del desarrollo tecnocientífico, la superpoblación, el consumismo, las condiciones devastadoras de la sociedad hiperindustrial y la sobreexplotación de los recursos naturales representan un comportamiento equivocado con la naturaleza y su equilibrio. Actualmente se habla del cuidado del medioambiente, de ecología, de comportamientos ético-ambientales y otros factores que promueven una conciencia global del problema con soluciones políticas, más que de procesos culturales para mejorar la percepción de responsabilidad individual.

A partir de esta premisa, considerando el papel de la escuela en el reconocimiento y la transformación de la cultura y teniendo en cuenta que existe el área de tecnología e informática<sup>1</sup>, el proyecto de investigación se propuso diseñar, elaborar y evaluar en la práctica cuatro actividades tecnológicas escolares (ATE) aplicadas a niños y jóvenes de primaria, secundaria, y educación media, que les permitan acceder al conocimiento de las energías renovables y promuevan la cultura de su uso responsable. Para ello fueron necesarias tres acciones: en primer lugar, determinar los aspectos o componentes estructurales para el diseño de ATE, teniendo en cuenta fundamentos pedagógico-didácticos propios del saber tecnológico. Posteriormente, a partir de la estrategia denominada *aprendizajes a través de la construcción* (ATC), se elaboró una propuesta de estructura didáctica, se diseñaron cuatro ATE<sup>2</sup> que plantean problemas cotidianos asociados al uso de energías y finalmente estas se pusieron en el escenario escolar para ser valoradas.

El proceso de investigación fue realizado, en un momento preliminar, con docentes y posteriormente, en un segundo momento de validación de la propuesta, con estudiantes de Educación Básica Primaria, Básica Secundaria y Media de la Institución Educativa Distrital Carlo Federici. Los análisis demuestran que la estructura propuesta

para el diseño de las actividades tecnológicas escolares es acorde a las necesidades de la educación en tecnología, donde los procesos de racionalidad tecnológica requieren propuestas didácticas, que se apoya en la racionalidad pedagógica, relacionada con la ciencia del diseño, para que la alfabetización tecnológica no solo aborde el uso y apropiación de la tecnología, sino su naturaleza, principios de funcionamiento y los impactos medioambientales de su producción, uso y desuso. Esto establece una relación de causalidad entre el uso de artefactos, la energía necesaria para su funcionamiento, y las consecuencias ambientales en las que la perspectiva crítica toma lugar.

## Consideraciones teóricas

### Las energías renovables y la educación

En las últimas cuatro décadas, especialmente desde la crisis energética de 1970 (Kandpal y Garg, 1998), ha aumentado el interés por investigar las energías eólica, la solar fotovoltaica, la térmica y la de biomasa (Bojic, 2004; Niu, He, Desideri, Zhang, Qin y Wang, 2014), con el objeto de utilizar mejor los recursos naturales. Sin embargo, no basta con las políticas, estas deben estar acompañadas de programas educativos, informativos, investigativos e imaginativos (Kandpal y Broman, 2014). Benchikh (2001) considera que estos programas deben incluir el reconocimiento de las ventajas y desventajas de las diferentes energías. Por su parte Chen, Huang y Liu (2013) y DeWaters y Powers (2011) enfatizan en la necesidad de que se reconozca el derecho que tienen las futuras generaciones de encontrar un planeta apropiado para vivir. Los primeros consideran fundamental cambiar el enfoque antropocéntrico para modificar las conductas de relación con los demás seres vivos que nos acompañan en el planeta.

Ahora bien, para Kandpal y Broman (2014), estas propuestas deben estar acompañadas de paquetes educativos con guías docentes, actividades para los estudiantes, desarrollo de prototipos y aplicaciones informáticas. Según estos autores, el desarrollo curricular en el ámbito de las energías renovables debe tener en cuenta: nivel educativo, los objetivos del curso y métodos de aprendizaje activo y actividades de evaluación. Se deben considerar aspectos como: variedad y flexibilidad; actualización de contenidos, creación de comunidades para el desarrollo de trabajo y aprendizaje cooperativo, tal como lo exponen Chen, Huang y Liu (2013).

- 1 A esta área del currículo escolar le corresponde asumir la educación en tecnología, entendida como la que se ocupa de la tecnología como objeto de estudio, reflexión y acción, más allá de su dimensión puramente artefactual e instrumental abordando, entre otros aspectos de estudio, las relaciones con la sociedad, el sujeto y el entorno medioambiental (Ministerio de Educación Nacional, 2008).
- 2 Las cuatro ATE diseñadas y evaluadas fueron: una lámpara térmica (con estudiantes de grado cuarto), un zootropo solar (con estudiantes de grado quinto), un aerogenerador o anemómetro (con estudiantes de grado noveno) y un robot móvil diferencial (con estudiantes de grado undécimo).

Además, Hasnain (1998) afirma que en la educación básica lo importante es la demostración. Sin embargo, no todos los materiales educativos disponibles para el tema cumplen altos criterios de calidad (Buckingham, 2008; Kandpal y Broman, 2014) y en ocasiones no hay claridad frente a los conceptos relacionados con la energía por parte de los estudiantes y docentes (Trumper, Raviolo, y Shnersch, 2000).

Kandpal y Broman (2014) proponen: abordar bases científicas que expliquen el comportamiento de las energías renovables; promover la interpretación de resultados en diferentes ámbitos de lo tecnológico y ambiental; reflexionar sobre la importancia de las energías para la sostenibilidad del planeta; estimular el aprendizaje por descubrimiento, abordar los temas políticos y legales y desarrollar *actitudes* relacionadas con un cambio en el *estilo de vida, valores y comportamientos* (Chen et al., 2013) ya que se debe promover la sensibilidad con el contexto para facilitar la participación social activa.

El conocimiento del uso apropiado de la energía permite abordar el estudio del impacto social y ambiental en la producción y consumo de los diferentes tipos de energía, reconocer la importancia del desarrollo y el uso de energías alternativas, y por último el desarrollo de un pensamiento crítico (Huijts, Molin y Steg, 2012). Estos aspectos también se enmarcan en tres campos propuestos por DeWaters y Powers (2011): el cognitivo, el afectivo y el del comportamiento. En trabajos previos se plantea una diferencia significativa entre el conocimiento (Trumper et al. 2000) y las actitudes frente al uso eficiente de la energía; el uso de energías renovables entre estudiantes de primaria y secundaria suele ser mínimo y acrítico (Karatepe, Neşe Keçebaş y Yumurtacı, 2012).

### **Las energías renovables: el caso colombiano**

A nivel nacional hay varias experiencias significativas, como las presentadas por Murcia (2008) en donde se habla de los inicios del uso de la energía solar. Por ejemplo: la adquisición de paneles por parte de las universidades Industrial de Santander, los Andes, Nacional y el trabajo pionero del Centro Gaviotas. Otra recopilación del uso de energía solar en Colombia la desarrolló en 1996 el antiguo Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas<sup>3</sup>, en este caso con énfasis en el uso de energía solar para el sector rural; este estudio se actualizó con el trabajo realizado por Guerrero y Daníes (2011) en donde se hizo un diagnóstico del sector solar fotovoltaico en la región Caribe.

Muchos de estos informes destacan las ventajas geográficas que tiene Colombia para el desarrollo de energías alternativas, pero coinciden –como es el caso de Isaac, González y Biechl (2008) y Marín, Castro y Arroyave (2011)– en la falta de infraestructura y normatividad. Además de los planteamientos previos hay experiencias de uso de estas energías muy relevantes e importantes para el país como el Parque Eólico Jepírachi construido por Empresas Públicas de Medellín (EPM) en La Guajira, el trabajo con biodigestores realizado por entidades como el Jardín Botánico de Bogotá, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando en Medellín y el Relleno Sanitario la Pradera.

En el ámbito escolar, la Secretaría de Educación Distrital ha promovido el uso de las energías alternativas. Este es el caso del laboratorio de química de la Institución Educativa Distrital Benjamín Herrera, que funciona con energía solar (“Inauguran primera aula de clases iluminada con energía solar”, 2012). También hay propuestas educativas desarrolladas a nivel universitario y en educación básica. En la educación superior, Marín, Castro y Arroyave (2011) presentan un estudio de los proyectos más comunes que se abordan en el campo de las energías alternativas en uno de los semilleros de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira, en donde los calentadores solares, los aerogeneradores y las celdas fotovoltaicas son las más comunes. En la educación formal se puede afirmar que todas se alinean con los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y con las orientaciones generales para la educación en tecnología. En el 2010 la empresa vasca Alecop, el Sena y el Gobierno vasco firmaron un convenio para fortalecer las propuestas educativas con relación al uso y apropiación de las energías renovables. En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas existen propuestas como la de Juez y Navarro (2008), en la cual se desarrolla un módulo para la enseñanza de la energía solar para los niveles de educación básica y media. En la Universidad Nacional, Velásquez (2012) desarrolla una propuesta metodológica para la enseñanza del concepto de energía para la educación media, en donde hace una revisión de las condiciones de educación en el ámbito colombiano. En contraste con el anterior, Díaz (2013) plantea el diseño e implementación de un laboratorio de física en los temas de energía eólica, solar y fotovoltaica.

De la revisión previa se puede afirmar que a los trabajos y estudios revisados les subyacen dos lógicas. Una de ellas, la de racionalidad tecnológica que se relaciona íntimamente con conceptos como los de eficacia, productividad, crecimiento, cualificación, control,

3 Para ampliar esta información, véase [www.si3ea.gov.co](http://www.si3ea.gov.co)

optimización, cuantificación, sistematización, entre otros. Desde la perspectiva de Marcuse (1964) esta racionalidad es en sí misma irracional por cuanto tiene como pretensión última el control y la dominación de las sociedades. Para el mismo Marcuse esta manipulación de la existencia humana se puede transformar a partir de un cambio sustancial de la estructura tecnológica misma. Allí se encuentra una tensión entre esta forma de asumir la racionalidad tecnológica como dispositivo de dominación social y la oportunidad misma que la tecnología ofrece para su cambio. Es decir, si bien estamos frente a una racionalidad que ha operado desde los presupuestos del mercado y el consumo, antes que desde las necesidades del bienestar real de las sociedades y el entorno medioambiental, también es posible reconstituir esta racionalidad a partir del desarrollo de nuevas tecnologías en las que efectivamente prime la construcción de una verdadera *civilización industrial avanzada*.

Para este logro emerge como necesaria e inaplazable la acción educadora de la sociedad y por supuesto de la escuela misma en la que el desarrollo del pensamiento crítico implica, entre otros aspectos, la formación en conceptos tecnológicos, la sensibilización e identificación de los problemas acarreados por usos desbordados de fuentes energéticas contaminantes y perjudiciales para el ambiente y la generación de actitudes críticas, propositivas y de actuación coherente con nuevas formas de pensar la tecnología.

En este entramado aparece como segunda lógica, predominante en los estudios revisados, la racionalidad pedagógica que toma lugar como la forma de pensar la acción escolar orientada por presupuestos sobre el aprendizaje, los contenidos, las capacidades de los individuos y sus relaciones con el contexto.

### **Presupuestos pedagógicos: la perspectiva construccionista y los aprendizajes a través de la construcción**

El ATC es una de las estrategias didácticas que se ha venido consolidando para el aprendizaje de la tecnología y se fundamenta en que, mediante procesos constructivos, planificados, es posible aprender conceptos, desarrollar actitudes y apropiarse habilidades propias de la tecnología.

El concepto de construcción forma parte de las discusiones pedagógicas en las cuales el conocimiento mismo es producto de una construcción de las estructuras de conocimiento que cada uno posee y que se diferencian en cuanto a sus componentes y relaciones.

Por supuesto hablamos del *constructivismo*, según el cual los nuevos saberes se van incorporando de manera incremental y progresiva a estructuraciones previas mediante enlaces o relaciones que permiten a los sujetos dar sentido, comprender, asimilar e incorporar los nuevos conocimientos a sus estructuras cognitivas (Piaget, 1991). Por otra parte, una derivación de la perspectiva teórica del *constructivismo*, originada en la psicología, es el *construccionismo* propuesto por el matemático, experto en inteligencia artificial y pedagogo Seymour Papert (1991), quien trabajó con Jean Piaget a finales de la década de los cincuenta.

El *construccionismo* considera las ideas básicas de los planteamientos de Piaget en relación con la estructuración cognitiva y los procesos que le son propios de maneras diferenciadas en distintos momentos del desarrollo psicobiológico de los individuos. Papert se enfoca en los procesos de aprendizaje, los modos en que los sujetos aprenden incluso a aprender, las cosas que hacen y su relación con sus aprendizajes. Por esta razón, el construccionismo pone el acento en las acciones, las operaciones, las alteraciones que los aprendices hacen sobre sus objetos de conocimiento y los aprendizajes que se derivan de estas interacciones. Es una propuesta pedagógica de la acción, de la experiencia, y en este sentido es una revitalización de las propuestas de Dewey (1960), quizás con la diferencia que para Papert son de suma importancia los artefactos, las herramientas, los medios de comunicación y los contextos en los cuales se desarrollan los individuos (Ackermann, 2002).

Así, las ideas del hacer, construir, modificar, planificar, programar y, en suma, *actuar* sobre el entorno se hacen centrales en una propuesta de orden didáctico en la cual los aprendizajes devienen de la acción del alumno sobre los objetos tangibles o verificables, esto es, de las formas de conocimiento basadas en trabajar con materiales concretos más bien que con proposiciones abstractas (Papert y Harel, 1991).

La estrategia didáctica de ATC se basa en las ideas antes expuestas de Papert y por tanto son centrales la actuación de los estudiantes, las acciones que efectúan sobre elementos concretos, las reflexiones que realizan con los docentes y compañeros, los tiempos que necesitan tanto para la construcción como para la comprensión de los fenómenos, principios y procesos y, para el desarrollo de las habilidades o capacidades para la transformación que las obras o productos ameritan. Atendiendo a las consideraciones de la estrategia de ATC se diseñan las ATE para este estudio.

## Las actividades tecnológicas escolares

Tal como lo plantea Quintana (2015a), las ATE corresponden a las unidades de trabajo didáctico diseñadas por docentes o equipos de profesores para abordar el estudio de distintas dimensiones de la tecnología<sup>4</sup>. Los ambientes de aprendizaje de la tecnología<sup>5</sup> (Andrade, s. f.; Ministerio de Educación Nacional, 1996; Quintana, Otálora y Marín, 1997) asumen las ATE como los dispositivos pedagógicos diseñados y dispuestos para abordar el estudio de la tecnología. Ahora bien, para Quintana (2015a), estas pueden inscribirse en diversas estrategias, entre otras, la del *diseño*, la de *análisis*, la del *enfoque CTS* y la de *aprendizajes a través de la construcción*. En esta investigación se opta por esta última porque permite abordar la tecnología con énfasis en varias de las dimensiones mencionadas.

Las ATE son, entonces, diseños didácticos en los cuales la acción, del estudiante y por supuesto del docente, es elemento definitorio de lo que sucede en el aula.

Las acciones a las que nos referimos, en particular para el estudio de la tecnología, tienen que ver con actos de pensamiento y reflexión, con actos de diseño, de construcción, de análisis comprensivo y crítico, de colaboración, de participación y debate [...] en suma se desarrollan todas aquellas acciones que los docentes consideren pertinentes para lograr que se generen ambientes en los cuales se privilegia el aprendizaje. (Quintana, 2015a, p. 38).

Para Otálora (2008)

Las ATE, constituyen y hacen parte de la esencia de la educación en tecnología. Quiere esto decir, primero, que las ATE, son en su naturaleza,

4 A partir de la consideración de la tecnología como campo interdisciplinar las dimensiones para su estudio son, entre otras: la *dimensión histórica*, por cuanto las tecnologías poseen una historicidad; la *dimensión económica*, que determina, a partir de los intereses de quienes ostentan el poder económico, los caminos del desarrollo y el consumo tecnológico. La *dimensión política*, asociada a circunstancias geopolíticas de mercado y economía global. La *dimensión cultural*, que retoma aspectos tales como las creencias, las prácticas sociales diferenciadas o particulares, las apreciaciones axiológicas que ponen acentos distintos en los valores y cosmovisiones distintas y por supuesto relaciones, usos, conocimientos y prácticas también múltiples. Por último, no menos importante, está la *dimensión técnica*, que tiene que ver con múltiples saberes y disciplinas en distintos campos de la tecnología y que confluyen para el desarrollo de nuevas tecnologías.

5 Para Quintana, Otálora y Marín (citados por Rueda y Quintana, 2013), los ambientes de aprendizaje se entienden "como el conjunto de circunstancias espacio-temporalmente definidas, donde por la acción deliberada de los sujetos allí interactuantes suceden transformaciones significativas de tipo actitudinal, cognitivo, axiológico para las personas y su entorno social" (p. 184).

componentes sustanciales de los actos de formación de las personas en torno de la tecnología, segundo, las ATE integradas con otras condiciones propias de la educación, aportan en términos de Jerome Bruner, un andamiaje a profesores y estudiantes para enseñar y aprender tecnología. (p. 1).

En atención a lo expuesto, Quintana (2015a) caracteriza las ATE por: *sus intencionalidades de formación*: se debe definir y explicitar con precisión. *Los objetos de estudio*: tienen que ver con conceptos, actitudes y habilidades propios del campo tecnológico. *La coherencia*: cada componente de la ATE debe ser relevante, pertinente y estar articulado a los demás componentes. *La adecuación*: a los niveles de desarrollo de los estudiantes, sus expectativas, saberes previos y por supuesto sus intereses. *Ser productos de diseño*: en términos de Perkins (1989) esto significa que deben responder a los *propósitos* para los cuales se diseñan, soportarse en *argumentos* científicos, pedagógico-didácticos y tecnológicos, tener *modelos* de otros ejemplos que sirvan como orientadores de tales diseños y, finalmente, poseer una *estructura interna* que le dé coherencia y secuencialidad. *Ser evaluables y ajustables*: en cuanto diseños, las ATE tienen la condición de ser *prototipos*, esto es, son formas de manifestación fáctica de ideas, de los docentes, que deben someterse a valoración en relación con su *nivel* efectivo de logro, la *adecuación de los lenguajes*, la correspondencia y coherencia con los *presupuestos teóricos* que las sustentan y el *desempeño* en relación con los tiempos previstos, los recursos empleados, las expectativas propias del docente diseñador, etc. *Responder a contextos particulares*: tener en cuenta y ajustarse a los recursos institucionales, y sobre todo de los estudiantes, en cuanto a espacios, dotaciones para el trabajo, recursos económicos, tiempos y horarios de aplicación<sup>6</sup>, etc. Considerar el nivel de *prescripción o autonomía* que tiene el diseño de cada una de las ATE<sup>7</sup>. *La previsión de su puesta en escena*: determinar y ajustar, por acciones de validación, procesos, situaciones, relaciones entre los actores y de estos con las experiencias de aprendizaje deseables por desencadenar en la medida en que las ATE son dispositivos pedagógico-didácticos. *Tener clara(s) la(s) concepción(es) de tecnología*: que prevalece(n) en la ATE, es decir, si se trata de enfocarse en lo cognitivo-conceptual, lo artefactual-instrumental, lo sistémico o tecnocultural (Rueda y Quintana, 2013), y actuar consecuentemente en su diseño y evaluación.

6 Se sugiere realizar la mayor parte del trabajo en los espacios de clase evitando al máximo el trabajo extraescolar.

7 Es muy importante determinar qué tanta guía necesitan los estudiantes, si es necesario contar con apoyo de otros colegas, eventuales expertos u otros profesionales y en algunos casos los mismos padres.

## Reflexiones sobre la cultura

El propósito de incidir en la cultura implica considerar desde qué perspectiva se asume la concepción de lo cultural. Es claro que se trata de un concepto polisémico y rico en matices, tal como lo propone Gómez (s. f.)<sup>8</sup>, que presentan un amplio panorama que ha evolucionado. Este autor, citando a Tylor (1871), destaca que

La cultura o civilización, en sentido etnográfico amplio, es ese todo complejo que incluye el conocimiento, las creencias, el arte, la moral, el derecho, las costumbres y cualesquiera otros hábitos y capacidades adquiridos por el hombre en cuanto miembro de una sociedad. (p. 3).

Esta concepción da cuenta de una mirada holística de la cultura en la que se enuncia al sujeto como actor principal de la cultura. Por otra parte, Gómez retoma el planteamiento de Boas<sup>9</sup> según el cual lo cultural corresponde al comportamiento de los sujetos en relación con un conjunto de condiciones generadas por su grupo natural de interacción, la sociedad. En este mismo sentido, Gómez muestra cómo para Durkheim y Malinowski es la sociedad, sus dinámicas, aunadas a las necesidades orgánicas del hombre, la que determina la cultura y define el comportamiento de los sujetos, sus convicciones, creencias y actitudes. Por otra parte, para Lévi-Strauss, Goodenough y el mismo Geertz, se acentúa la dimensión semiótica de la cultura al postular que esta tiene que ver con “el sistema de símbolos y significados compartidos por los actores sociales que son los conductores de aquella” (Gómez, s. f., p. 6). Para Kroeber y Kluchohn (1952), también citados por Gómez, la cultura se apoya en la tradición y es el medio simbólico el que permite la construcción y transmisión de los patrones de comportamiento cultural, que a su vez se manifiestan en el entorno objetual o artefactual. En relación con los objetos, como depositarios de la cultura, Simondon (2008) plantea que hay un desequilibrio en relación con el reconocimiento de los objetos estéticos, aquellos productos del arte y la literatura, frente a otros objetos, por ejemplo los tecnológicos, como custodios de significaciones.

Desde otra mirada, la de los estudios culturales, Williams (2008) propone que la cultura ha de asumirse de manera amplia considerándola como el universo de significados y orientaciones comunes que

8 Para ampliar esta información, véase <http://ocw.unican.es/humanidades/introduccion-a-la-antropologia-social-y-cultural/material-de-clase-1/pdf/Tema2-antropologia.pdf>

9 De su libro *Mind of primitive man* (1938).

los sujetos construimos y compartimos en el mundo de la vida donde es tan relevante, como constructo cultural, el ámbito de lo popular como el de las élites. Los estudios culturales ponen el énfasis en el estudio, más que de los artefactos culturales, de sus procesos de producción, distribución y recepción (Castro, 2003). En contraposición a la postura de Williams, Eliot (1952) plantea la necesidad de una élite en la cual se apoye el desarrollo de los más altos valores morales, del saber artístico y literario, aspectos en los que se sustenta la idea de la “alta cultura” que para él está fuertemente vinculada a las clases sociales, al regionalismo y a la religión. Esta perspectiva, que privilegia una concepción de cultura asociada a las minorías “cultas”, encuentra uno de sus mayores peligros, en palabras de Vargas Llosa (2012), en la llamada civilización del espectáculo, la actual, que privilegia el consumismo, la moda efímera, la masificación, la ilusión e insatisfacción perpetuas, desconociendo el valor de las cosas mismas y dándoselo a sus representaciones e imaginarios que resultan superficiales y efímeros.

La perspectiva de la cultura como bien heredado, soportado en la noción de la tradición, de las generaciones adultas a las nuevas descendencias, también se ha cuestionado. La antropóloga social Margaret Mead (1971) plantea tres tipos de cultura: la *posfigurativa*, en la que los niños aprenden o heredan los saberes de los mayores, la *cofigurativa*, que es más un aprendizaje de pares, y la *prefigurativa*, en la que los adultos aprenden cada vez más de los niños. A partir de esta idea, hoy hay evidencias de una tendencia incrementalmente más marcada hacia la cultura prefigurativa en cuanto a la acción participativa y, sobre todo, transformadora de los sistemas objetuales. Esto se da en muchos escenarios de la cultura contemporánea, entre los cuales se destacan el ámbito de las tecnologías<sup>10</sup> y el del cuidado medioambiental<sup>11, 12</sup>.

10 Al lado de los nombres más destacados, como Bill Gates (quien a los 20 años creó Microsoft), Steve Jobs (fundador de Apple a los 21), Mark Zuckerberg (quien tenía 20 años cuando creó Facebook), hoy hay un sinnúmero de muy jóvenes creadores de artefactos digitales.

11 También en esta área hay muchos ejemplos, tales como los de Severn Suzuki, quien a los 10 años de edad fundó *ECO* (*Environmental Children's Organization*), Deepika Kurup, quien a sus 17 años inventó un artefacto para limpiar agua usando energía solar, y Raymond Wang, que a la misma edad desarrolló un dispositivo que hace circular aire fresco en los aviones y reduce la transmisión de gérmenes entre los pasajeros, lo que previene el desarrollo de pandemias.

12 Para ampliar esta información, véase Quintana (2015b).



Estas nuevas formas de participación se han democratizado y mundializado, se enmarcan en la *cultura mundo*, que es como Lipovetsky y Serroy (2010) designan al producto de la emergencia de redes mediáticas transnacionales en correspondencia con el ensanchamiento de las industrias culturales y la consolidación de un mercado globalizado (Lipovetsky y Juvín, 2011).

Del contexto descrito, para este estudio la cultura está constituida por los universos simbólicos que los sujetos construyen y comparten y que constituyen la base de sus comportamientos, hábitos, capacidades y actitudes en contextos sociales que hoy están enriquecidos por el ciberespacio a través de su potencial de acceso para la participación y la interactividad. Por otro lado, y en concordancia con el planteamiento de Lévy (2007), la cultura es el resultado de la hibridación del entorno material artefactual, los entornos simbólicos y los entornos sociales en los cuales los sujetos interactúan. A partir de estas consideraciones los entornos artefactuales se erigen como una posibilidad de trabajo escolar poniendo de relieve, tal como lo dice Castro (2003), las reflexiones críticas sobre sus procesos de producción, a la vez que se analizan las afectaciones al medioambiente, que tienen efectos mundiales, y se estudian conceptos propios del saber tecnológico.

Corresponde a la escuela, como institución y espacio privilegiado de interacción social, contribuir en la construcción de una cultura que se ocupe del reconocimiento de los impactos de la hiperindustrialización, la masificación e incremento desbordado de los consumos, los límites de los recursos y sobre todo la necesidad de identificación, conceptualización y clarificación de las posibilidades de tecnologías limpias y alternativas. Este proyecto pretende hacer aportes en esta dirección.

## La propuesta

### Etapa 1: Diseño didáctico de las actividades tecnológicas escolares<sup>13</sup>

Las ATE se diseñaron considerando la estrategia didáctica de ATC, que promueve la acción transformadora propia de la tecnología como una opción clave en el trabajo con los estudiantes. Construir, en esta interpretación, significa dar el paso del mundo de las abstracciones al de lo fáctico y viceversa; no es un camino de una sola vía, que es la interpretación

que tradicionalmente ha puesto al trabajo sobre lo concreto en un lugar reducido al calificarlo como manualidad, como si la mano estuviese *desconectada* del cerebro. El hombre, el *Homo faber*, si bien resuelve necesidades y problemas con sus construcciones, encuentra mucho más en ellas, allí hay una posibilidad para la contemplación y el regocijo dados los fuertes compromisos emocionales que se establecen durante la acción transformadora. He allí otro poder evidente de la construcción, en relación con los motivos, con la motivación intrínseca, que Piaget planteara como la más favorable para el aprendizaje. Adicionalmente, en la construcción se encuentra el valor de lo concreto como vía para la construcción de la abstracción. Tal como lo planteara Vygotsky (1995) respecto a cómo el lenguaje es una construcción producto del intercambio permanente del mundo de nuestras representaciones, nuestro pensamiento, con el mundo de lo concreto que es objeto de tales representaciones y que se comparten y construyen socialmente. A continuación, se plantean los componentes de la estructura de las ATE (Quintana, 2015a):

**Saberes previos:** Actividades que permiten identificar los estados de conocimiento, habilidades y o actitudes de los estudiantes en relación con el objeto de estudio particular (Ausubel, 1976).

**Título:** Considera los intereses y gustos de los estudiantes a quienes va dirigido y la(s) temática(s) que se abordará(n) en la actividad. Debe ser atractivo, sugestivo, concreto y pertinente.

**Intención:** Son los objetivos de formación que se plantean para la actividad en particular. Esta intención se define a partir de las orientaciones del MEN (2008), teniendo en cuenta el grupo de grados para el cual se diseña la actividad.

**Reto:** Es una invitación que atrae a partir de la confrontación o desafío, con sus posibilidades y capacidades.

...los planteamientos de Piaget y Krashen, al referirse a la motivación en el aprendizaje, consideran que es necesario presentar un reto razonable, entendido por Piaget como desequilibrio y por Krashen, como "*i + 1*". Tales retos o desafíos representan para los estudiantes situaciones motivantes y pueden mantenerse durante el desarrollo de las tareas si las actividades generan por sí mismas nuevas motivaciones. (Clavijo y Quintana, 2004, p. 40).

**Configurar el contexto o escenario:** Permite mantener coherencia con el planteamiento de los ambientes de aprendizaje y tratar la actividad como una metáfora en la cual se escenifican las actuaciones de docentes, estudiantes y otros actores, y donde la tecnología se asume como producto cultural.

13 En el siguiente blog se tiene acceso a las ATE diseñadas al igual que ampliación de información sobre el proyecto de investigación: <https://ateenergiasrenovables.wordpress.com/las-ate-disenadas/>

**Información de contenidos:** Tiene fundamentos teóricos o contenidos que sirven como referentes en los estudiantes, bien para su estudio o como elementos contextualizadores de la actividad propuesta.

**Recuerda que...:** En este apartado se sugiere colocar notas de interés que, de una manera anecdótica, con referencias a la cotidianidad, le permitan al estudiante identificar las ideas más relevantes de la actividad propuesta y de los contenidos expuestos.

**Manos a la obra:** Es el espacio de concreción de la construcción de los prototipos diseñados por los docentes, para lo cual los conjuntos de componentes previos se deben retomar y articular a la propuesta constructiva.

**El recomendado:** En este apartado se le dará al estudiante una lista de fuentes de información que permitan profundizar el tema.

**Evaluación:** Debe incluir las competencias construidas, generadas durante el proceso y expresadas en las intenciones o propósitos de la ATE. Según Ontoria, Ballesteros, Cuevas, Giraldo, Martín y Molina (1994) y Novak (1988), una estrategia que puede ser muy útil son los mapas conceptuales porque permiten establecer cuáles son los conocimientos que posee un estudiante sobre determinado tema y así establecer de qué manera los conceptos previos forman conceptos de orden superior.

## Etapa 2: Construcción de los prototipos para las ATE

De acuerdo con la *metodología de diseño* planteada, se desarrollaron cuatro prototipos que requieren energía solar, térmica o eólica para su funcionamiento. A partir de estos se elaboraron las ATE que didactizan los procesos constructivos seguidos por los estudiantes.

El primer prototipo es una *lámpara térmica* (véase la fotografía 1), en la cual se produce el movimiento de una hélice provocado por la circulación de aire caliente en el sistema. En esta actividad una lámpara incandescente de 20 vatios calienta el aire, esta acción disminuye su densidad y provoca su desplazamiento hacia arriba. Al chocar el aire caliente con la hélice, produce un movimiento proporcional a la potencia derivada por el incremento de la temperatura. Este incremento depende de la temperatura  $T_c$ , el aumento de la temperatura provocado por la lámpara  $H_t$ , el calentamiento del conducto cilíndrico  $U_c$  y la temperatura externa  $M_c$ .



Fotografía 1. Lámpara térmica

El segundo prototipo es un *zootropo* (véase la fotografía 2). En esta actividad se genera una ilusión de movimiento en la transición de imágenes que un observador percibe a través de las rejillas dispuestas en un tambor circular. En la ATE, el movimiento del tambor lo origina un motor DC de 5 V conectado a un sistema de transmisión de movimiento compuesto por cuatro poleas que reducen la velocidad y aumentan la potencia en la medida necesaria para activar el sistema. La fuente de energía es solar, se obtiene a través de una celda solar fotovoltaica y se almacena en cinco baterías recargables mediante un circuito electrónico de carga construido por los estudiantes.



Fotografía 2. Anemómetro

El tercer prototipo es un *anemómetro* (véase la fotografía 3), dispositivo que mide la velocidad del viento. Para la actividad se diseñó una hélice tipo SeaHawk, de 15 cm de diámetro y orientación vertical con 19 álabes de 41 cm<sup>2</sup> cada uno y distribuidos en el perímetro del cilindro. Para obtener la magnitud de velocidad en la hélice su eje se conecta al eje de un motor DC, una de las salidas del motor se conecta a una entrada análoga de la tarjeta Arduino y la otra se conecta a GND. El valor análogo, *relacionado con*

el voltaje del motor, se discretiza entre 0-255 y se envía a través del puerto *bluetooth* a un dispositivo móvil con sistema operativo Android; allí debe estar instalado un programa desarrollado en *appinventor* que recibe el dato, lo almacena en un vector y elabora una gráfica de velocidad-tiempo.



Fotografía 3. Zootropo

El cuarto prototipo es un *robot móvil diferencial* (véase la fotografía 4), que se mueve hacia delante, atrás, izquierda y derecha, a través del control de las velocidades de dos ruedas con fuerza motriz independiente. Para esta actividad, la fuente de energía del robot es un panel solar HDI-3082 con área de 5 cm x 12 cm, 9 V y 150 mA. El control de los movimientos del robot se hace a través de un dispositivo Android, allí se diseñó un programa en *appinventor* que identifica el estado del acelerómetro y envía un dato asociado a través del puerto *bluetooth*. Los dos motores DC con reductor se conectan a la tarjeta Arduino a través del IC L293B y el programa identifica el estado de inclinación enviado por el dispositivo móvil y acciona los motores.



Fotografía 3. Robot móvil diferencial

## Metodología del estudio

Para el momento preliminar se realizó una encuesta en línea a docentes y estudiantes. Este trabajo permitió establecer una línea de base para el posterior desarrollo del proyecto. Para el momento de validación de la propuesta y diseño de las ATE, en razón de la naturaleza del trabajo que se plantea, se adoptó un enfoque de investigación de carácter cualitativo descriptivo con componentes métricos y no métricos. Para la primera se acude a un diseño cuasiexperimental, en términos de Campbell y Stanley (1973). Bajo esta denominación, las acciones de investigación en su momento de validación y de obtención y análisis de la información necesaria se desarrollaron en términos de lo que Kerlinger (1983, p. 418) denomina un “experimento de campo”. Por lo anterior se consideró el modelo intragrupal sin grupos control y elaboración de pruebas pre- y postest. Por otro lado, la dimensión no métrica implicó la toma y sistematización de la información empleando técnicas de diarios de campo y entrevistas. Para el procesamiento de la información se emplearon técnicas propias de la investigación cualitativa etnográfica sin la pretensión de hacer etnografía, mas sí de identificar elementos del contexto de la aplicación que permitieran una mejor comprensión y descripción de la puesta en escena de las ATE.

La población de este proyecto de investigación está definida por un número estimado de 160 estudiantes con un promedio de 40 en cuatro grupos en la IED Carlo Federici de Bogotá.

## Resultados

### Del momento preliminar

Esta investigación inicia en una fase de reconocimiento de las percepciones de los docentes y estudiantes con respecto a la implementación en el currículo de temas relacionados con energías alternativas y el impacto que ha tenido en los estudiantes y que se refleja en: la cantidad de proyectos escolares que involucran las energías alternativas, la toma de decisiones en relación con el uso eficiente de la energía, el uso de energías renovables y los conocimientos científicos que le son inherentes. Para conocer las percepciones docentes, se consultaron 70 docentes de más de 30 colegios entre distritales y privados; 13 del área de ciencias, 49 del área de tecnología e informática y 8 de otras áreas; de los cuales 15 enseñan en educación básica primaria, 48 en secundaria y 7 en ambos niveles. Se realizaron las siguientes preguntas:

*¿Qué energías renovables y no renovables conoce?* Al revisar las respuestas docentes se percibe un reconocimiento de las principales energías renovables y no renovables, y se evidencia una tendencia a mencionar como principales la energía hidráulica, solar, eólica y finalmente biomasa.

*En el currículo que usted trabaja, ¿ha propuesto y desarrollado el tema de energías renovables?* Según las afirmaciones de los docentes, se puede concluir que menos de la mitad de ellos abordan el tema en sus propuestas curriculares. Algunos manifiestan que no coincide con los objetivos del área, porque son de otras áreas diferentes a ciencias y tecnología, o no está propuesto en el plan de formación institucional.

*¿Cree usted que los comportamientos individuales y colectivos que tenemos como ciudadanos deberían modificarse con relación al uso de las energías renovables y no renovables?* La mayoría de respuestas reconocen el comportamiento adecuado respecto al uso de energías; sin embargo, las razones dadas se alejan del reconocimiento de factores éticos, teóricos y antropocéntricos considerados, según los antecedentes, el fundamento del problema.

*¿Cuál debería ser la acción de la escuela para incidir en el comportamiento con relación al uso de energías renovables?* En esta pregunta se observan cuatro tipos de acciones propuestas: (a) Plantear las energías renovables como un tema de formación transversal en la escuela, (b) Ceder la responsabilidad del tema a las áreas específicas de ciencias, (c) Hacer cambios en la infraestructura energética de las instituciones para complementar el discurso teórico, (d) Promover jornadas de socialización.

*¿Los procesos de formación en el aula para el tema de energías renovables deberían ser: educativos, informativos o investigativos?* En las respuestas hay una tendencia a abordar los tres aspectos, y al igual que muestran los antecedentes, se sugiere hacer una distinción en la escuela de acuerdo al grado de complejidad.

Para reconocer las percepciones de los estudiantes, se consultaron a 690 niños de 30 colegios entre distritales y privados; 32 % de grado décimo, 26 % de noveno, 21 % de undécimo, 18 % de octavo y el restante en grados inferiores. Se realizaron las siguientes preguntas:

*¿Qué tanto conoces sobre los principios y existencia de energías renovables y no renovables?* De acuerdo a las respuestas, la distribución de datos evidencia que el conocimiento está en un nivel intermedio, y que pocos estudiantes, el 7%, afirman tener conocimientos suficientes del tema.

*¿Qué tantos proyectos escolares relacionados con el uso de alguna de las siguientes energías: eólica, hidráulica, solar, Biogás, has desarrollado durante todo tu tiempo en el colegio?* De los datos obtenidos se demuestra que solo el 20 % de la población consultada frecuentemente utiliza los fundamentos de las energías renovables para desarrollar sus proyectos escolares. Esto evidencia que un gran segmento de la población desconoce el tema para el desarrollo de actividades escolares.

*¿Qué conocimiento tienes de artefactos tecnológicos en entornos rurales o urbanos en donde se usen algunas de las siguientes energías: eólica, hidráulica, solar, biogás?* La distribución de las respuestas obtenidas evidencia que menos de la media de estudiantes consultados tienen un conocimiento concreto sobre las opciones de uso de las energías renovables en contextos urbanos y rurales. El 72 % está ubicado entre un desconocimiento completo del tema y un conocimiento intermedio.

*¿Cuál es la frecuencia de conversaciones con familiares y amigos, dentro y fuera de la escuela, que se relacionan con la historia y el uso de energías renovables y no renovables?* De acuerdo a los datos obtenidos existe una tendencia central equivalente al 35 % donde los estudiantes afirman abordar con una frecuencia media conversaciones extracurriculares relacionadas con el uso de energías renovables. Lo que demuestra que aun siendo baja sí hay una inserción del tema en la cultura cotidiana.

*¿Qué tanto valoras y estás dispuesto a hacer sobre el uso eficiente de las energías renovables y no renovables disponibles?* En esta respuesta los datos no son completamente polarizados y no todos los estudiantes presentan un convencimiento de hacer uso eficiente de la energía. Esta respuesta es un caso especial por cuanto en los antecedentes se presentan análisis en donde las personas, aun desconociendo el tema, manifiestan estar dispuestas a emprender acciones que mejoren las condiciones del planeta, a diferencia de la población encuestada que al parecer aún no tiene conciencia del tema y del impacto ambiental que generan las actitudes apáticas con el medioambiente. Lo anterior reafirma la necesidad de incorporar el tema de manera crítica desde la escuela.

*¿Cómo calificas tu conocimiento de artefactos que utilizan energías renovables, como eólica, hidráulica, solar, biogás?* Las respuestas demuestran un conocimiento básico de los artefactos que utilizan fuentes de energía renovables para su funcionamiento. Una causa de este comportamiento tiene que ver con el entorno urbano de los estudiantes, donde la

electricidad es la principal fuente de energía y las demás fuentes se desconocen por que no se usan ni las han estudiado.

*¿Cuál crees que es tu conocimiento de principios físicos para generar energías renovables como eólica, hidráulica, solar, biogás?* De acuerdo a la media, la mayoría de estudiantes no tienen conocimiento del tema de energías renovables. Si se analiza este resultado con las respuestas docentes, se puede afirmar que la falta de uso, análisis y reflexión del tema en clase está afectando las percepciones de los estudiantes al respecto.

Los resultados de esta indagación dan cuenta del desconocimiento generalizado entre docentes y estudiantes en relación con saberes específicos de las energías renovables. Esto representa tanto la oportunidad como el deber para la escuela de abordar esta tarea como medio de su incorporación en la cultura.

### **Implementación y validación de las ATE**

En los estudiantes de grado quinto, hay unas ideas generales de los temas asociados al uso de energías renovables y no renovables, pero hay vacíos en diferentes conocimientos técnicos que explican los procesos para su producción y obtención. Durante el desarrollo de la actividad, se generan espacios que promueven el uso de conocimientos técnicos que ajustan los modelos mentales acerca de los distintos temas que intervienen en la construcción del prototipo y la posterior verificación de funcionamiento. Sin embargo, las acciones culturales asociadas al uso apropiado de las energías y el cuidado del ambiente están en función de más variables, como bienestar y reconocimiento de responsabilidad de las acciones que como individuo y especies afectarán el medioambiente en las futuras generaciones. Lo anterior no justifica, pero sí resalta, los aspectos fundamentales del accionar individual y colectivo que vulnera el medioambiente. Ahora, el problema está en el concepto de *bienestar* que ofrecen las sociedades y que idealiza los beneficios de la tecnología con relación a los ciclos de la naturaleza. Autores como Hottois (1991) destacan cómo el concepto de bienestar ha justificado los saltos evolutivos de la raza humana, en detrimento de la explotación racional y mesurada de los recursos naturales.

En las distintas sesiones de trabajo de las ATE es evidente el reconocimiento de la situación de riesgo del planeta; desde los niños de cuarto grado hasta los de undécimo, identifican diferentes causas del deterioro ambiental y aunque reconocen el desgaste de los recursos naturales no renovables, sus acciones están condicionadas por la "eficiencia del tiempo"

(aceleración) que acompaña la tecnología Mumford y De Acevedo (1945). Por ejemplo, la mayoría de sujetos reconocen el impacto ambiental de los desechos electrónicos, sin embargo frente a una decisión de uso de un computador, prefieren el de mayor velocidad así tengan que desechar el actual, que cumple la misma función, pero de manera menos eficiente de acuerdo a sus expectativas y no las del ambiente. De acuerdo con lo anterior, las ATE han sido diseñadas como espacios de reflexión sobre las condiciones de uso racional de la energía a través del diseño y la construcción de dispositivos mecatrónicos y sobre las condiciones culturales que han aceptado un modo de vida soportado en la eficiencia que ofrece la tecnología, que oculta, desde el consumismo, las consecuencias del uso inadecuado de los recursos energéticos.

La información presentada en las ATE tiene de manera general tres componentes: conceptual, procedimental y actitudinal. Durante el desarrollo de las sesiones se reconoce una relación de motivación hacia las ATE cuando sus componentes conceptuales están directamente relacionados con el proceso constructivo de los distintos dispositivos mecatrónicos. Al respecto, Konnikova (2013) reconoce la facultad de pensar de manera consciente cuando hay una participación activa, en este caso promovida por la manipulación de objetos concretos que promueven los procesos de pensamiento basados en el método científico y relacionados con la observación, comprensión y planteamiento del problema, el planteamiento de hipótesis, la comprobación y la deducción. Autores como Marcus (2010) reconocen la relación entre el tipo de tarea y la atención que se presta durante su desarrollo. Al realizar las actividades, se evidencia una mayor atención en las cartillas en las que se desarrollan las ATE durante la elaboración del modelo mental que explica el funcionamiento del dispositivo; cuando se obtiene un modelo adecuado, la atención se centra en la construcción y validación del dispositivo. La construcción de los dispositivos genera dinámicas distintas a las propuestas en las ATE (promover momentos de atención, reflexión, acción). Las ATE reconocen el valor del concepto denominado *design thinking* (Plattner, Meinel y Leifer, 2015) durante el desarrollo de los procesos formativos de solución de problemas. Sin embargo, el desarrollo de las ATE influye el pensamiento de los usuarios en términos de construcción de un artefacto, lo que establece una disposición por la búsqueda de información que brinde aportes conceptuales y procedimentales en la construcción. No obstante, cuando el sujeto reconoce que la cartilla no es necesaria para terminar el proceso constructivo, disminuye su uso y los procesos de pensamiento promovidos en la

cartilla; a partir de este momento la relación es más fuerte con el dispositivo y surgen nuevos elementos de atención, reflexión y acción en torno al funcionamiento del artefacto que se está construyendo. He allí parte del potencial de la acción de construcción como dispositivo pedagógico-didáctico.

Durante el desarrollo de las ATE el movimiento y el funcionamiento superan el interés primario por la construcción estética de los dispositivos propuestos. Los modelos mentales que elaboran los sujetos para explicar el funcionamiento de los diferentes dispositivos se asocian con los requerimientos eléctricos, electrónicos y mecánicos, donde la estética no es una variable funcional y adquiere menor jerarquía con relación al funcionamiento. Como se evidencia en las sesiones, el desarrollo de dispositivos de base tecnológica se centra en principios de funcionamiento tecno-científicos y su reconocimiento y validación no tiene una relación directa con los materiales utilizados; de manera que un sistema de polea funciona en metal, madera o cartón. En las sesiones, para los sujetos lo importante era hacer coincidir ambos modelos (mental, físico), para proceder con las cuestiones estéticas.

## Conclusiones

La estructura para el diseño de las ATE aporta elementos de orientación y guía para el desarrollo de las actividades de manera amplia y suficiente, para la consulta por parte del profesor y los estudiantes. Sin embargo, el orden de las actividades se puede modificar de acuerdo con los ritmos, respuestas y necesidades de los estudiantes y los docentes –y se recomienda hacerlo.

El trabajo de las ATE debe hacerse preferiblemente en el aula de clase y no como trabajo extracurricular, debido a que la mayor riqueza de oportunidad pedagógico-didáctica se da justamente en los momentos de desarrollo de las actividades. Allí surgen circunstancias en las cuales se favorece la acción de los docentes, de los estudiantes y de los pares que le dan el sentido a la acción escolar en relación con las pretensiones y objetos de estudio de las ATE.

Si bien no se puede afirmar, a partir de los resultados, que haya cambios de los estudiantes con respecto a la constitución de una cultura como hábitos, comportamientos y actitudes, hay evidencias de logro en la comprensión holística referida a la dimensión técnica, cognitiva y de participación crítica frente al tema de las energías renovables. Un cambio sustancial

amerita trabajo de más duración y continuidad, no solo durante el año escolar sino a través de todos los grados de escolaridad.

El desarrollo de las ATE permitió efectivamente la generación de retos altamente motivadores por la resolución de la construcción que a su vez derivó en nuevas motivaciones en relación con los saberes implicados en las ATE.

Las ATE propician acciones de simulación mental y física que fortalecen el pensamiento deliberativo, que tiene mayor costo cognitivo, lo que explica la resistencia natural a abordar los problemas con mayor rigurosidad. La tendencia es más a la construcción de los artefactos que a las construcciones explicativas o para la comprensión de los saberes y fenómenos implicados en la construcción de los prototipos. Lo anterior reclama del docente acciones que privilegien y exijan asumir el “costo cognitivo” mencionado.

La reflexión sobre el impacto de la industrialización y los consumos desbordados, relacionados con acciones prácticas y concretas en las cuales se evidencia el poder y las posibilidades de las energías renovables, que permiten las ATE diseñadas, favorecen la creación de universos de sentido simbólico compartidos por los estudiantes. Estos se hicieron evidentes en la expresión de sus posturas, ideas, claridades y cuestionamientos. Este universo de sentido es parte fundamental de la constitución de una cultura, en este caso, en relación con la necesidad de uso de las energías renovables.

## Referencias

- Ackermann, E. (2002). *Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the Difference?* Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de: <http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20-%20Papert.pdf>
- Andrade, E. (s. f.). Ambientes de aprendizaje para la educación en tecnología. Recuperado de [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/disenio\\_de\\_prog\\_de\\_amb\\_de\\_apren/Unidad%20II/amb\\_aprend\\_para\\_educ\\_tecnologica\\_Andrade.pdf](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/disenio_de_prog_de_amb_de_apren/Unidad%20II/amb_aprend_para_educ_tecnologica_Andrade.pdf)
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México. Trillas.
- Benchikh, O. (2001). Global Renewable Energy Education and Training Programme (Greet Programme). *Desalination*, 141(2), 20-221.
- Bojic, M. (2004). Education and training in renewable energy sources in Serbia and Montenegro. *Renewable Energy*, 29(10), 1631-1642.

- Buckingham, D. (2008). *Más allá de la tecnología: aprendizaje infantil en la era de la cultura digital*. Buenos Aires: Manantial.
- Campbell, D. y Stanley, J. (1973). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Castro, S. (2003). Apogeo y decadencia de la teoría tradicional: una visión desde los intersticios. *Revista Iberoamericana*, 49 (203), 343-353. Recuperado de <http://goo.gl/oicjD>
- Chen, K., Huang, S. y Liu, S. (2013). Devising a framework for energy education in Taiwan using the analytic hierarchy process. *Energy policy*, 55, 396-403.
- Clavijo, A. y Quintana, A. (2004). *Maestros y estudiantes escritores de hiperhistorias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- DeWaters, J. y Powers, S. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39(3), 1699-1710.
- Dewey, J. (1960). *Experiencia y educación*. Buenos Aires: Losada.
- Díaz, P. (2013). Diseño e implementación de un laboratorio de energías renovables en la Universidad de la Costa. Ponencia presentada durante el WEEF 2013, Cartagena.
- Eliot, T. (1952). *Notas para una definición de la cultura*. Buenos Aires: Emecé.
- Gómez, E. (s. f.). *El concepto de cultura En. Introducción de la Antropología Social y cultural*. Universidad de Cantabria. Recuperado de <http://ocw.unican.es/humanidades/introduccion-a-la-antropologia-social-y-cultural/material-de-clase-1/pdf/Tema2-antropologia.pdf>
- Guerrero, E. y Danés, F. (2011). Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región caribe colombiana. *Prospectiva*, 9(2), 81-88.
- Hasnain, S. (1998). Review on sustainable thermal energy storage technologies, part I: Heat storage materials and techniques. *Energy Conversion and Management*, 39(11), 1127-1138.
- Hottois, G. (1991). *El paradigma bioético: una ética para la tecnociencia*, 8. Barcelona: Anthropos.
- Huijts, N., Molin, E. y Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525-531.
- Inauguran primera aula de clases iluminada con energía solar. (2012). *El Espectador*. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/inauguran-primera-aula-de-clases-iluminada-energia-sola-articulo-422550>
- Isaac, I., González, J. y Biechl, H. (2008). La energía eólica en Alemania: experiencias a tener en cuenta para el caso colombiano. *Investigaciones Aplicadas*, 2(2), 52-64.
- Juez, J. y Navarro, J. (2008). Módulo para la enseñanza de la energía solar como una propuesta interdisciplinaria para la enseñanza de las ciencias en niveles de educación básica y media en Colombia. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. 3(1), 62-67.
- Kandpal, T. y Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324.
- Kandpal, T. y Garg, H. (1998). Renewable energy education for technicians/mechanics. *Renewable Energy*, 14(1), 393-400.
- Karatepe, Y., Neşe Keçebaş, A. y Yumurtacı, M. (2012). The levels of awareness about the renewable energy sources of university students in Turkey. *Renewable Energy*, 44, 174-179.
- Kerlinger, F. (1983). *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología* (trad. I. Ridly) (2.ª ed.). México: Interamericana. (Obra original publicada en 1973).
- Konnikova, M. (2013). *Mastermind: How to think like Sherlock Holmes*. Canongate Books.
- Lévy, P. (2007). *Cibercultura: la cultura de la sociedad digital*. Barcelona: Anthropos.
- Lipovetsky, G. y Juvin, H. (2011). *El Occidente globalizado: un debate sobre la cultura planetaria*. Barcelona: Anagrama.
- Lipovetsky, G. y Serroy, J. (2010). *La cultura-mundo. Respuesta a una sociedad desorientada*. Barcelona: Anagrama.
- Marcus, R. (2010). *Marcus raichle on the 'default mode network'*. Recuperado de <https://youtu.be/uZgOUAtwUA8>
- Marcuse, H. (1964). *One-dimensional man: Studies in the ideology of advanced industrial society*. Boston: Beacon. Recuperado de <http://www.marcuse.org/herbert/pubs/64onedim/odmcontents.html>
- Marín, E., Castro, W. y Arroyave, J. (2011). Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica. *Scientia et Technica*, 3(49), 260-265.

- Mead, M. (1971). *Cultura y compromiso. Estudio sobre la ruptura generacional*. Argentina: Granica.
- Ministerio de Educación Nacional-MEN. (1996). *Educación en tecnología. Propuesta para la Educación Básica*. Bogotá: Serie documentos de trabajo.
- Ministerio de Educación Nacional-MEN. (2008). *Ser competente en tecnología: Una necesidad para el desarrollo*. Colombia: Imprenta Nacional. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-160915\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-160915_archivo_pdf.pdf)
- Mumford, L. y De Acevedo, C. (1945). *Técnica y civilización*. Buenos Aires: Emecé.
- Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, 28, 83-89.
- Niu, H., He, Y., Desideri, U., Zhang, P., Qin, H. y Wang, S. (2014). Rural household energy consumption and its implications for eco-environments in NW China: A case study. *Renewable Energy*, 65, 137-145.
- Novak, J., Gowin, D. y Bob, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Ontoria, A., Ballesteros, A. Cuevas, M. Giraldo, L. Martín, I. y Molina, A. (1994). *Mapas conceptuales: una técnica para aprender*. Madrid: Narcea.
- Otálora, N. (2008). Diseño pedagógico de las actividades tecnológicas escolares. En Memorias Encuentro Nacional de Experiencias Curriculares y de Aula en Educación en Tecnología e Informática.
- Papert S. y Harel, I. (1991). *Constructionism*. Recuperado de <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>
- Perkins, D. (1989). *Conocimiento como diseño*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Piaget, J. (1991). *Seis estudios de psicología*. España: Labor.
- Plattner, H., Meinel, C. y Leifer, L. (2015). *Design thinking research: Making design thinking foundational*. Nueva York: Springer.
- Quintana, A. (2015a). *Didáctica de la tecnología*. Manuscrito inédito. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Quintana, A. (2015b). *Relaciones tecnología, sociedad y cultura*. Manuscrito inédito. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Quintana, A. Otálora, N. y Marín, M. (1997). La formación en ambientes productivos. Documento de trabajo inédito. Bogotá.
- Rueda, R. y Quintana, A. (2013). *Ellos vienen con el chip incorporado. Aproximación a la cultura informática escolar (3.ª ed.)*. Bogotá: IDEP, IESCO-Universidad Central, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Simondon, G. (2008). *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires: Prometeo.
- Trumper, R., Raviolo, A. y Shnersch, A. (2000). A cross-cultural survey of conceptions of energy among elementary school teachers in training? Empirical results from Israel and Argentina. *Teaching and Teacher Education*, 16(7), 697-714.
- Vargas, M. (2012). *La civilización del espectáculo*. Madrid: Santillana.
- Velásquez, S. (2012). *Propuesta metodológica para la enseñanza del concepto de energía en los grados de educación media, fundamentada en el modelo de enseñanza para la comprensión (tesis de maestría)*. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y el lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Williams, R. (2008). *Historia y cultura común* (ed. A. García Ruiz). Madrid: Fuencarral.