

# Enseñanza de las matemáticas e integración transversal de asignaturas científicas y humanistas por medio de la implementación de una experiencia de robótica educativa

Teaching mathematics and transverse integration of scientific and humanist subjects through the implementation of a robotic educational experience

Iván Esteban Pérez<sup>1</sup>

## Resumen

La velocidad tecnológica que envuelve a nuestros estudiantes nos hace un llamado a generar o incorporar metodologías de trabajo que permitan ir a la par con sus necesidades educativas. Por ello, este trabajo busca caracterizar las diversas aristas que pueden intervenir en un proyecto de robótica escolar, cuya base son la matemática y la física, pero que durante el desarrollo va incorporando conocimiento de diversas áreas. Se incorpora el concepto de biomimética entendido como un aprendizaje de la naturaleza y las propuestas de diseño biomecánico de Theo Jansen. Se propone, además, un modelo de trabajo a utilizar y la posterior aplicación de este modelo con un grupo de estudiantes, utilizando la metodología de estudio de casos para permitir un mayor acercamiento. Todo lo anterior enmarcado en un gran paradigma denominado “construccionismo”, propuesto por Seymour Papert (2002), quien se refiere a este como una evolución del constructivismo.

**Palabras clave:** robótica educativa, educación matemática.

<sup>1</sup> Académico IMFE, Pedagogía en Matemática y Estadística. Contacto: [ivan.perez@udla.cl](mailto:ivan.perez@udla.cl)

## Abstract

The technological speed students currently have, forces us to generate or assimilate working methodologies that allow keeping up with the educational needs. Therefore, this article looks forward to portraying the different edges that can be involved in a robotic school project based on physics and mathematics. But that also includes knowledge in diverse areas during the process. The project adds the concept of biomimetics as learning process related to nature as well as the biomechanical design proposed by Theo Jansen. We also suggest the usage of a model of work and the later application of this model with a group of students using the case study methodology to enable a better approach. All of the above as part of a great paradigm called Constructionism proposed by Seymour Papert (2002) who refers to this as an evolution of the constructivism.

**Keywords:** Educational robotics, mathematics teaching

## 1 Antecedentes

Día a día nos encontramos en las aulas con estudiantes que se han desarrollado a la par del vértigo tecnológico. Como señala Prensky (2010), resulta claro que, como resultado de este entorno omnipresente y del enorme volumen de su interacción con él, los estudiantes de hoy piensan y procesan la información de manera fundamentalmente diferente a sus predecesores. Estas diferencias llegan mucho más lejos y más profundamente de lo que la mayoría de los educadores saben o sospechan. Ante el desafío que ofrecen estos estudiantes a sus docentes se hace necesario el uso o implementación de estrategias metodológicas que permitan captar y encauzar todo el potencial con el que nos encontramos en el aula, el que choca reiteradamente con las estructuras y estrategias tradicionales que finalmente terminan por generar un conflicto entre las necesidades y potencialidades de los estudiantes y las habilidades y metodologías propuestas por el docente. Estos estudiantes y sus docentes se enfrentan a una educación que segmenta el conocimiento, lo aísla en asignaturas organizadas por horarios y lo parcela. Papert (2002) cuenta en su artículo que, durante el año 2001, en el Project Headlight de la Hennigan School en Boston (EE. UU.) observó a un grupo de niños que trataban de hacer una serpiente a partir de LEGO/Logo. Ellos estaban usando este material activamente computacional y de alta tecnología como un medio de expresión: el contenido provenía de su imaginación con libertad, y usaban las matemáticas para definir la conducta de la serpiente y la física para explicar su estructura. Se unían la fantasía, la ciencia y la matemática, todavía con dificultad, pero señalando hacia una dirección.

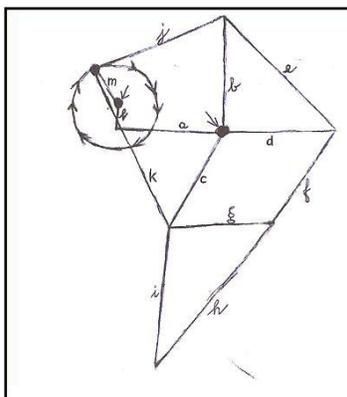
## 2 Problemática

El conflicto generado entre estudiantes, docentes, metodologías y parcelación del conocimiento hace necesario generar oportunidades en las cuales los paradigmas tradicionales del aula se quiebren y den paso a nuevas formas de trabajo, por un lado, alejándose del formato academicista y por otro, integrando diversas áreas del saber tradicionalmente separadas curricularmente. Tec (2010) señala que particularmente la robótica se ha convertido en una de las herramientas empleadas en países primermundistas: en España, por ejemplo, se ha creado un robot educacional que sirve como una herramienta común y frecuente en algunas asignaturas de varias especialidades de Ingeniería. Ante esto, vemos la robótica en el aula como una oportunidad de generar por medio de la construcción, además de ofrecer la posibilidad de integrar diversas disciplinas del saber.

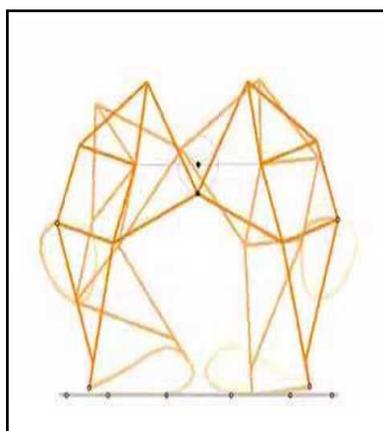
## 3 Antecedentes teóricos

Saymour Papert (2002) crea una visión del aprendizaje a la que denominó “construccionismo”, que es su reconstrucción personal del constructivismo de Piaget, en la que señala haber adaptado la palabra construccionismo para referirse a todo lo que tiene que ver con hacer cosas y especialmente con aprender construyendo, una idea que incluye la de aprender haciendo, pero que va más allá de ella. Con relación a lo que señala Tec (2010), trabajar con robots en educación se presenta como una oportunidad para vivenciar el aprender construyendo propuesto por Papert (2001). Sánchez y Saavedra (2005) señalan que un robot es cualquier estructura mecánica que opera con un cierto grado de autonomía, bajo el control de un computador, para la realización de una tarea, y que dispone de un sistema sensorial más o menos evolucionado para obtener información de su entorno. Tradicionalmente, la robótica se suele dividir en dos grandes áreas: la robótica de manipulación y la robótica móvil. Cada vez más en la robótica y en diversos campos científicos se estudian los modelos de la naturaleza para dar soluciones a problemas de diversa índole. Este “copiar a la naturaleza” se conoce con el nombre de biomimética, la que definida por Janine Benyus (en Patiño, 2013) se presenta como una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse en los diseños y procesos biológicos para resolver problemas humanos. Afirma también que a diferencia de la revolución industrial, la revolución biomimética inaugura una era basada no en lo que podemos extraer de la naturaleza, sino en lo que podemos aprender de ella.

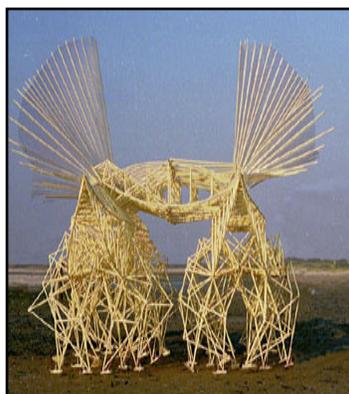
Uno de los principales acercamientos a la relación de la mecánica con la naturaleza es el trabajo realizado por Theo Jansen, quien ha construido estructuras semejantes a esqueletos de animales que son capaces de caminar usando el viento como fuente de energía, como se señala en el trabajo realizado por Hernández (2009). Su trabajo animado es una fusión de arte e ingeniería. Montalvo Gallego (2013) señala que la obra de Theo Jansen es un trabajo fundamental de ingeniería que esconde un proceso computacional basado en modelos biomecánicos.



**Ilustración 1.** Mecánica de Theo Jansen.



**Ilustración 2.** Movimiento de Theo Jansen.



**Ilustración 3.** Estructura de Theo Jansen.

A nivel escolar, una de las plataformas que permiten el ensamblado y programación de robots es la denominada Lego Mindstorm, que actualmente presenta en el mercado su *software* y *hardware* de tercera generación.

Lego Mindstorm es una línea de juguetes de robótica para niños fabricado por la empresa LEGO, que posee elementos básicos de las teorías robóticas, como la unión de piezas y la programación de acciones en forma interactiva. Este robot fue comercializado por primera vez en septiembre de 1998. (Lego Mindstorms, 2014)

La programación de Lego Mindstorm puede ser realizada mediante un *software* desarrollado por la misma compañía, en el que su entorno visual emula la construcción de bloques por medio de un árbol de decisiones lógicas. Básicamente se trata de un entorno de programación visual que facilita la labor de quienes programan.

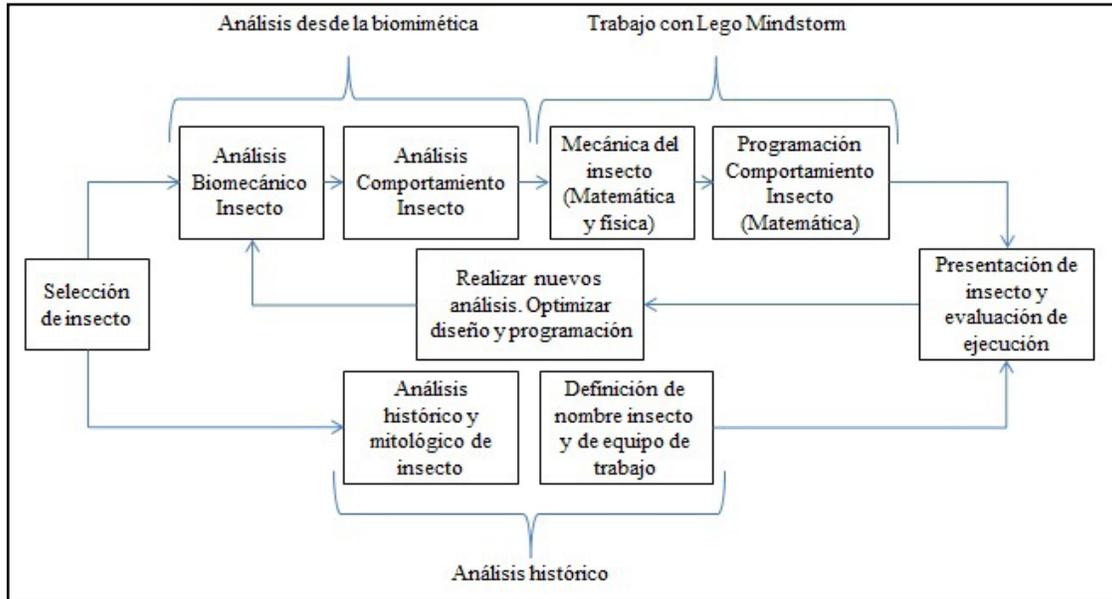
#### 4 Metodología: estudio de casos (cualitativo)

Sandín (2003) justifica el estudio de casos principalmente porque el tipo de análisis apunta al conocimiento de formas de pensamiento, cuestión que tiene un carácter individual y comprensivo del que se espera generar teoría. Esta metodología presupone que el conocimiento es esencialmente un producto social que se extiende o cambia continuamente de la misma manera que cambia la realidad concreta y no está separado de la práctica.

**Muestra:** la implementación exploratoria, en el marco de un estudio de caso, aborda un caso de análisis compuesto por seis estudiantes de octavo año básico del colegio Barrie Montessori de la comuna de Peñalolén, en Santiago de Chile.

**Observación:** definida por Bravo (1984) como la inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas o hechos de interés social tal como son o tienen lugar espontáneamente. Van Dalen y Meyer (1981) consideran que la observación desempeña un papel muy importante en toda investigación porque le proporciona uno de sus elementos fundamentales: los hechos. Este análisis se realizará sobre la entrevista y observaciones. Se procederá a transcribir las entrevistas y observaciones para obtener una gran cantidad de información.

**Modelo de trabajo:**



**Ilustración 4.** Modelo de implementación robótica educativa.

## 5 Aplicación del modelo propuesto

### 5.1 Selección del insecto

Para la definición del insecto se vieron distintos documentales, y finalmente se acotó la selección a un tipo de escarabajo. Mediante la visualización del documental “Los Secretos de la Naturaleza, Capítulo 6: Escarabajos” (2013) se selecciona el escarabajo “acatanga”, conocido popularmente como escarabajo pelotero (debido a una bola de excremento que transportan para depositar sus huevos).

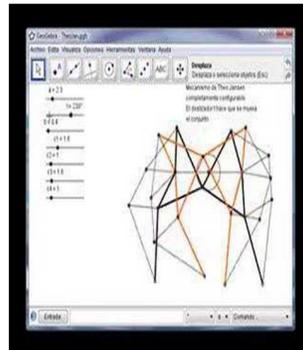
### 5.2 Análisis desde la biomimética

Los estudiantes realizan un estudio de las características del insecto seleccionado, tanto de su estructura biomecánica como de su comportamiento; realizan bosquejos donde resaltan las articulaciones y la movilidad del insecto e identifican características de comportamiento frente a diversos factores externos (sonido, luz, movimiento, entre otros).

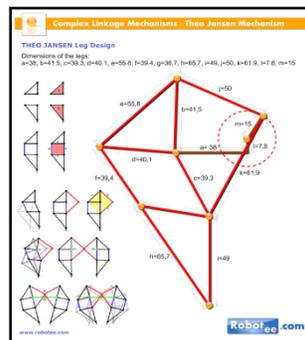
### 5.3 Mecánica del insecto

Posteriormente a la selección del insecto, los estudiantes utilizan como base para la estructura de

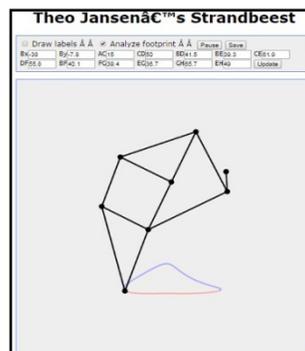
este la mecánica propuesta por Theo Jansen. Se hace necesaria en esta etapa la medición de ángulos formados por las piezas, debido a los ejes de rotación que deben formarse para el correcto funcionamiento de la mecánica, utilizando como base para el estudio el sitio web [robotec.com](http://robotec.com), en particular el artículo *Complex Linkage Mechanisms – Theo Jansen Mechanism (2013)*.



**Ilustración 5.** Trabajo con Geogebra.



**Ilustración 6.** Plataforma.

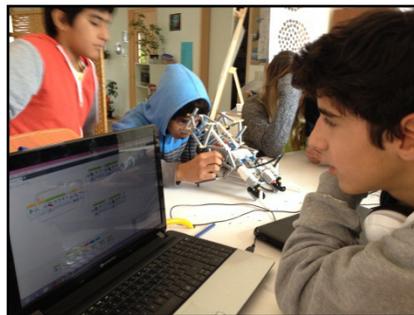


**Ilustración 7.** Plataforma.

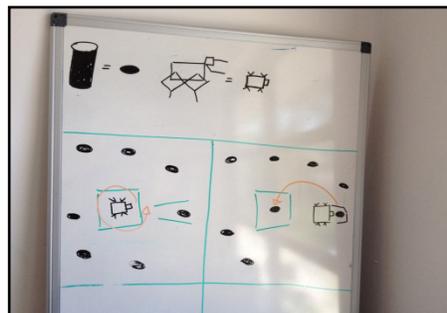
Los estudiantes reproducen la mecánica de Theo Jansen utilizando las piezas de los kits de Lego Mindstorm que tienen a disposición y realizando reiterados ajustes a lo propuesto en el diseño inicial, con el fin de optimizar la estructura y que su funcionalidad sea adecuada para ser la base del escarabajo.

#### 5.4 Programación del comportamiento del insecto

La programación intenta rescatar las conductas y características en las que se desenvuelve el insecto en un ambiente natural; no se trata de una programación lineal que va ejecutando secuencias una tras otra, sino de una única programación de conducta que responde de distinta forma a los factores externos por medio de los diversos sensores que intervienen. En este proceso los estudiantes realizan varias pruebas, programan sensores de forma independiente y luego mezclan las programaciones hasta llegar a los resultados más complejos. Cálculos matemáticos y esquemas son las principales herramientas de apoyo para la optimización de la programación.



**Ilustración 8.** Trabajo en programación.



**Ilustración 9.** Análisis del comportamiento.

## 5.5 Análisis histórico y mitológico del insecto

En este proceso, el grupo de trabajo investiga sobre la presencia del insecto en la historia, principalmente desde una perspectiva mitológica. El escarabajo de mayor importancia, según el criterio del grupo y que finalmente es seleccionado, es el de la mitología egipcia Jepri (2014), el dios sol, autocreado, símbolo de la vida eterna, que era la imagen de la constante transformación de la existencia en la mitología egipcia. Fue representado como un escarabajo empujando al disco solar por el cielo. Jepri da nombre al robot diseñado por los estudiantes, mientras que el equipo adopta el nombre de “The Beetles”.

## 6 Presentación y evaluación

El equipo realiza diversas presentaciones en el colegio y tras cada una de ellas se realizan nuevos ajustes, tanto mecánicos como a la programación. También se realizan presentaciones en diversas actividades, principalmente ferias científicas escolares fuera del colegio, organizadas generalmente por universidades o centros de divulgación científica.

## 7 Robótica educativa en la enseñanza de las matemáticas e integración transversal de asignaturas científicas y humanistas

La experiencia realizada por los integrantes del grupo les ha permitido vivir un proceso íntegramente orientado a la aplicación de conocimientos. Desde una base matemática y física toman lo que consideran necesario de las diversas áreas del currículum escolar y lo incorporan a su proyecto; competencias blandas y duras se ven fortalecidas y tanto individuos como grupo se ven beneficiados de la experiencia. Los estudiantes ven reflejada de forma práctica la utilidad de los conocimientos que han recibido con anterioridad y valoran este hecho debido a la necesidad de una constante optimización de las diversas aristas del trabajo que recurran a nuevos conocimientos para dar soluciones.

Uno de los aspectos que se deben mejorar es la formalización de los conocimientos y contenidos matemáticos que van integrándose y articulando con el trabajo global, principalmente debido a una sensación de los estudiantes de “no estar haciendo matemáticas”.

## Referencias bibliográficas

- COMPLEX LINKAGE MECHANISMS – THEO JANSEN MECHANISM 51018. (2013). Recuperado de <http://www.robotee.com/index.php/complex-linkage-mechanisms-theo-jansen-mechanism-2-51018/>
- HERNÁNDEZ DELGADILLO, A. (2009). Análisis cinemático de una escultura transformable. *Jepri. Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Fecha de consulta: 31 de agosto de 2014].
- LEGO MINDSTORMS. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Fecha de consulta: 9 de septiembre de 2014].
- LOS SECRETOS DE LA NATURALEZA - ( 6 ) -EL MUNDO DE LOS ESCARABAJOS. (2013). Recuperado de <http://www.youtube.com>
- MONTALVO GALLEGO, B. (2013). La ciencia del paisaje. Prácticas artísticas y nuevas tecnologías. *Creatividad Y Sociedad: Revista de La Asociación Para La Creatividad*, (20), 8-30.
- PAPERT, S., & HAREL, I. (2002). *Situar el construccionismo*. Alajuela: INCAE.
- PATIÑO, A. T. (2013). *La Biomimesis y la pedagogía de la naturaleza*.
- PRENSKY, M. (2010). *Nativos e inmigrantes digitales*. Distribuidora SEK.
- SÁNCHEZ, L. A., & SAAVEDRA, M. S. (2005). Matemáticas y robótica. *Curso Interuniversitario “Sociedad, Ciencia, Tecnología Y Matemáticas*.
- SANDÍN, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación: fundamentos y tradiciones*. McGraw-Hill Interamericana de España.
- TEC, B., UC, J., GONZALEZ, C., GARCÍA, M., MONTAÑEZ, T., & ESCALANTE, M. (2010). Análisis comparativo de dos formas de enseñar Matemáticas Básicas: Robots LEGO NXT y animación con Scratch. En *Memorias de la Conferencia Conjunta Ibero-americana sobre Tecnologías para el Aprendizaje* (p. 103).