

El robot como herramienta para un aprendizaje basado en la indagación en las clases de física

The robot as a tool for inquiry-based learning in physics classes

Adrián Ceferino Gabbanelli^{1,2}, Esteban Guillermo Szigety^{1,3}

¹ Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Av. Juan B. Justo 4302. Mar del Plata, CP 7600, Buenos Aires. Argentina.

² Colegio "Luis Federico Leloir". Avellaneda 1443. Mar del Plata, CP 7600, Buenos Aires. Argentina.

³ Colegio Nacional "Dr. Arturo U. Illia". Matheu 405. Mar del Plata, CP 7600, Buenos Aires. Argentina.

*E-mail: gabbanelli@yahoo.com

Resumen

En este trabajo los autores presentan una secuencia didáctica para hacer uso de un robot móvil radio controlado por celular con el fin de estudiar el movimiento, las fuerzas y la conservación de la energía del robot transportando una carga. La experiencia se llevó adelante con estudiantes del último año de la secundaria superior con especialidad en ciencias naturales de la ciudad de Mar del Plata. Se tomó como marco didáctico de trabajo el aprendizaje basado en la indagación el cual resultó muy oportuno para alcanzar varios objetivos buscados en la enseñanza de la ciencia: hacer preguntas, experimentar, trabajar en equipo, entre otros. A lo largo del artículo se muestran detalles procedimentales para que otros docentes puedan replicar la experiencia.

Palabras clave: Robótica educativa; Aprendizaje basado en la indagación; Conservación de la energía.

Abstract

In the work the authors present a didactic sequence to make use of a robot controlled by radio by smartphone to study the movement, forces and conservation of energy of the robot transporting a load. The experience was carried out with students in their last year of high school specializing in natural sciences from the city of Mar del Plata. Inquiry-Based Learning was taken as a didactic framework, which was very opportune to achieve several objectives sought in the teaching of science: propose a hypothesis, experiment, work as a team, among others. Throughout the work, procedural details are shown so that other teachers can replicate the experience.

Keywords: Educational robotics; Inquiry-based learning; Energy conservation.

I. LA ROBÓTICA EDUCATIVA APLICADA A LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

La emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia COVID-19 ha modificado muchos aspectos de nuestra relación con la tecnología. Una de ellas es la interacción con los robots, su construcción y programación, la cual se está convirtiendo en un elemento esencial de nuestra vida cotidiana. El grado de presencia de estos objetos tecnológicos e informáticos ha llegado al punto tal que los autores nos preguntamos si los programas de educación media pueden seguir dejando de lado esta temática como contenido curricular.

El término robótica educativa se comienza a escuchar con más frecuencia en las escuelas. Como muestra de esta avanzada en el ámbito de la educación argentina, podemos mencionar al Programa Aprender Conectados (Ministerio de educación de la Nación, 2017) que facilitó material escrito y kits de robótica para armar. Basándonos en nuestra experiencia personal, los autores confirmamos que este material ha quedado sin utilizar y ha tenido muy poca aplicación en algunas escuelas. Detrás de esta falta de interés, hay diversas razones que se han estado estudiando (Adrogué

y Orlicki 2020; Errrobatart 2019). Una de ellas es la hipótesis de una presión instrumental sobre los docentes que les impide adoptar este material como una herramienta pedagógica para enseñar contenidos. Hay mucho por explorar al respecto en esta área y este trabajo espera aportar a modo de ejemplo un marco didáctico para hacer uso de los robots en la enseñanza de la física, los circuitos electrónicos involucrados y su programación.

La robótica educativa es un área de la investigación que tuvo su inicio en la década de 1960 en manos de Seymour Papert, quien es considerado como el padre de esta área por Lucio (2008), y que inicialmente trabajó junto a Jean Piaget. Seymour entiende la robótica como una herramienta que permite al estudiante interactuar con el mundo y construir conocimiento (Vargas, Guapacho y Isaza 2017). Si un robot es controlado por un usuario o programado para interactuar con un entorno, entonces se puede convertir en una herramienta para discutir sobre física. La robótica educativa aplicada a la física ofrece múltiples facetas que pueden ser objeto de investigación. En este trabajo, hemos explorado la relación entre los conceptos de movimiento, fuerzas, velocidad, trabajo, energía, potencia y rendimiento.

Una de las conclusiones a las que se arriba desde distintos artículos sobre la robótica educativa es que tiene contados beneficios en el proceso de enseñanza. Como por ejemplo Sampedro, Redrobán y Álvarez (2020) han estudiado un grupo de alumnos del ciclo básico secundario y los han puesto a programar un robot móvil, obteniendo excelente mejora en el desarrollo de la lógica proposicional y del pensamiento computacional. Otros puntos a favor, es la posibilidad que presenta a los estudiantes que manipulan un robot, explorar conceptos abstractos de la física (Trentin *et al.* 2015) y en general estimular sus capacidades científicas tecnológicas (Massei *et al.* 2019). También Lopez-Caudana *et al.* (2020) prueban que el uso de la robótica en la enseñanza de la matemática y de la física tiene impacto favorable en la atención y la motivación de los estudiantes, así como establece mejoras en la relación pedagógica entre el docente y las herramientas tecnológicas.

Muchos trabajos académicos implementan procesos de enseñanza-aprendizaje con robots en la enseñanza de la física, como se ha visto en estudios previos (Sousa *et al.*, 2011; Trentin *et al.*, 2015). La propuesta que se presenta en esta oportunidad es innovadora respecto al uso que damos al robot, esto no se ha visto en otros trabajos. En esta actividad, la conservación de la energía es un conocimiento que se debe poner en práctica para poder superar un desafío a través del robot. Por lo tanto, es la manipulación de este objeto el que permite lograr un acercamiento entre estudiantes y el conocimiento de la física.

II. APRENDIZAJE BASADO EN LA INDAGACIÓN, UNA ALTERNATIVA A LA CLASE MAGISTRAL

Diversos estudios de campo (Jauregui, Goienetxe y Vidales 2018; Lara y Samper 2015; Rodríguez-García y Arias-Gago, 2022) han realizado investigaciones sobre el impacto del aprendizaje basado en la indagación (conocido en la literatura anglosajona como *inquiry-based learning*) en escuelas secundaria en Europa, llegando a la conclusión en sus trabajos que esta metodología aporta variadas competencias en los estudiantes. Creen que la propuesta cuyo diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje está orientada a la indagación y centradas en el estudiante, fomenta un enfoque socio-constructivista, lleva el mundo real a las aulas, aporta elemento para lograr una evaluación formativa e impulsa la auto-regulación y la meta-cognición en los estudiantes.

El aprendizaje basado en la indagación es una estrategia didáctica donde los estudiantes construyen su conocimiento de una forma más cercana a las actuales nociones de la Naturaleza de la Ciencia (Couso, Jiménez-Liso, Refojo y Sacristán 2020): descubren relaciones causales, formulan preguntas o hipótesis y realizan experimentos para dar respuesta o probar sus afirmaciones. Este enfoque proporciona una visión de la ciencia más cercana al desempeño real de los científicos y fomenta la autonomía del estudiante en el proceso de aprendizaje. Se logra así un conocimiento más allá de lo declarativo y conceptual, pasando a una comprensión de orden funcional.

¿Por qué usamos el aprendizaje basado en la indagación como modelo didáctico en este trabajo? En primer lugar, diremos que los autores han logrado grandes avances en el uso de esta metodología en el aula secundaria. Es un marco de trabajo que permite alcanzar aspectos deseados en la transformación educativa: el aprender haciendo; el ser un productor de contenidos; el estar en control del propio aprendizaje; el emplear procesos de pensamiento superior, y múltiples formas de aprender a través de los sentidos en entornos estimulantes y actividades socialmente significativas.

La primera pregunta que debemos hacernos es cómo llevar a cabo un trabajo basado en la indagación, ya que no existe una única forma de utilizar este marco de trabajo en el aula. En este caso se ha tomado como referencia el trabajo de Pedesta *et al.* (2015), quienes realizan un exhaustivo relevamiento de las distintas fases que conforman el aprendizaje por indagación. En base a este trabajo y al de otros autores (Chinn y Malhotra 2002, Budnyk *et al.*, 2021) hemos dividido la actividad en las siguientes fases: (1) Orientación, (2) Conceptualización, (3) Investigación, (4) Conclusión y discusión. En la sección IV se explica en términos general que significa cada fase y en particular se muestra la implementación que se llevó adelante en este caso.

III. MATERIALES DE BAJO COSTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT

Para llevar adelante este proyecto se buscó una alternativa accesible en términos tecnológicos y de bajo costo. Se emplearon elementos disponibles en comercios de electrónica y computación. En la Figura 1 se puede ver el chasis de Robot Auto (A), dos motores de corriente continua con ruedas (B), dos sujetadores, una rueda universal (rueda libre) y tornillería necesaria para su montaje, dos baterías de Litio Ion 18650 recargable (C), portapilas doble 18650, placa Arduino UNO (D), circuito de potencia tipo puente L298n con módulo doble H (E), una placa tipo módulo bluetooth esclavo HC-06 (F), un mini *protoboard* de 170 puntos para conexiones (G), juego de cables Dupont macho-hembra, led de iluminación (H). Además, se utilizó un teléfono celular con bluetooth, aplicaciones disponibles para transmisión de comandos por *bluetooth*, un dinamómetro, balanza y cronómetro.

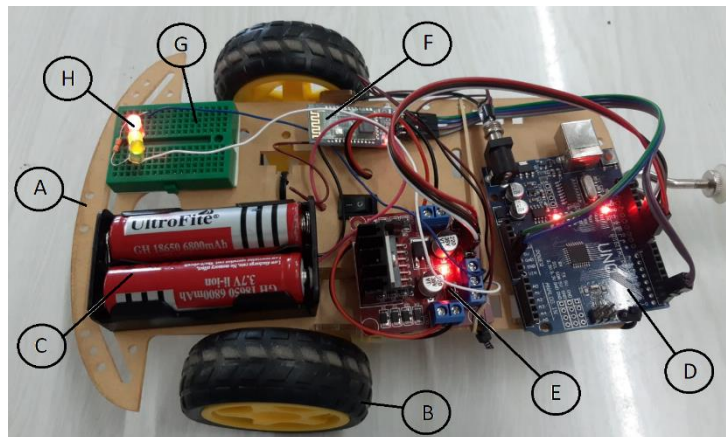


FIGURA 1. Detalle del robot construido por los estudiantes para realizar la práctica.

IV. LA PROPUESTA: ESTUDIO ENERGÉTICO DE UN ROBOT

Este trabajo surgió como una necesidad de proporcionar a los estudiantes un enfoque diferente que pudiera captar su atención e interés por la física. El grupo de estudiantes corresponde al Taller de Robótica del sexto año del Colegio Luis Federico Leloir. Los estudiantes tienen alrededor de 17 años y el grupo consta de 10 alumnos. Son estudiantes de la orientación, Ciencias Naturales. En esta especialidad, los estudiantes reciben formación en tres materias de física: Introducción a la Física de 4.º año (Formas de energía), Física de 5.º año (Electricidad y Ondas electromagnéticas), y actualmente están cursando Física Clásica y Moderna de 6.º año. A continuación, desarrollaremos las fases de la actividad durante la realización del proyecto.

(1) La "Fase de orientación" generalmente implica la realización de actividades que fomenten la discusión de perspectivas, el análisis de documentos, la recopilación de datos, la síntesis del tema y la capacidad de consultar diversas fuentes de información por parte de los estudiantes. En este contexto, proporcionamos a los estudiantes herramientas para que puedan analizar el robot, sus usos y su potencial para el estudio de conceptos relacionados con la física. El objetivo principal de esta fase es cultivar la habilidad de los estudiantes para investigar y cuestionarse acerca del robot y su relación con la física. Para lograrlo, guiamos a los estudiantes a través de un recorrido histórico de los orígenes de la robótica, lo cual es esencial ya que permite observar la evolución de la tecnología en función de los fenómenos físicos. En la tabla I, se encuentran las preguntas propuestas por el docente para orientar esta fase.

TABLA I. Preguntas orientativas que los estudiantes respondieron y su correspondiente análisis.

| Preguntas | Análisis |
|--|--|
| ¿Qué fenómenos físicos observamos en un Robot? | Aquí nos interesa que los estudiantes busquen relaciones entre lo aprendido en las distintas materias de física. Acertadamente reconocieron conceptos cinemáticos, de dinámica, energía y electricidad. Ver al robot como una máquina que tiene aspectos termodinámicos fue un tema que el profesor terminó induciendo, ellos por su cuenta no se dieron cuenta de este punto. |
| ¿Han tenido algo que ver los avances de la física en | Esta pregunta dio pie para que ellos investigaran sobre la creación de los primeros mecanismos: las puertas automáticas de los templos egipcios creadas por Herón de Alejandría, pasando por los autómatas de Pierre Jaquet-Droz en el siglo XVIII, hasta llegar al siglo XX y la automatización en la |

| Preguntas | Análisis |
|--|---|
| el desarrollo de los Robot? | industria. Es interesante esta pregunta dado que permite ver cómo los conocimientos iniciales sobre fuerzas y palancas que disponían los griegos del periodo helenístico tardío ya permitían la construcción de mecanismos automáticos como la calculadora denominada Mecanismo de Anticitera y otros. Por lo tanto, una de las conclusiones es que no se necesita un conocimiento muy avanzado de física para desarrollar un robot primitivo. |
| ¿Qué diferencia existe entre evolución tecnológica y desarrollo científico? | Esta pregunta ha llevado a separar las aguas sobre un tema que los estudiantes suelen confundir. La fuente de este error se encuentra en asociar el desarrollo de los robots modernos con el avance de la ciencia. Aunque un análisis histórico durante el siglo XX muestra que la ciencia necesaria para construir un robot hidráulico como los usados en la industria actual, tiene base científica a la hidrostática alcanzado en el siglo XVIII y XIX. Sin olvidarnos que su electrónica y programación se desarrolló en el siglo XX y principios del XXI |
| ¿Desde el punto de vista de las fuerzas físicas que podemos decir de un robot? | La pregunta hizo que los estudiantes tuvieran que recordar los principios de Newton y la elaboración de DCA. En particular analizar la fuerza de rozamiento durante la rodadura, tema que no fue visto por ellos en las asignaturas de física anteriores a sexto año. Se repasaron conceptos visto por ellos en 3 año de secundaria básica y en 4 año. |
| ¿Desde el punto de vista de las ondas que podemos decir de un robot? | El robot que proponemos tiene su control de dirección por medio de la comunicación entre un módulo Bluetooth y un Smartphone. Los estudiantes detectaron que las ondas son parte fundamental de la comunicación. Aunque ellos vieron ondas lumínicas el año pasado, la pregunta permitió repasar el espectro electromagnético completo. |
| ¿Desde el punto de vista de la electricidad que podemos decir de un robot? | Este también es un tema que ellos reconocieron rápidamente en el funcionamiento de la placa Arduino y los módulos de comunicación. Desde ya que la presencia de las baterías en el robot también hizo muy notorio hablar sobre la corriente y el voltaje. Se estudió cada parte electrónicamente compleja (Placa Arduino, Módulo Bluetooth, Circuito de Potencia) del robot como cajas negras que tiene un consumo de potencia determinada sin llegar a profundizar en la electrónica de cada circuito. |

(2) *Fase de conceptualización.* En esta etapa se esperaba que los estudiantes realizaran sus propias preguntas e iniciaran una indagación sobre el robot y sus características físicas. En general, en esta fase, el docente también podía hacer una pregunta más específica que sirviera de guía o ayudara a generar otros interrogantes. En esta oportunidad se presentaron varias preguntas para que ellos pudieran enfocarse con mayor especificidad en el tema:

¿Cómo medir la velocidad media del Robot? ¿Se puede considerar constante la velocidad del Robot? Si la velocidad es constante, ¿podemos considerar que la fuerza de tracción de las ruedas es igual a la fuerza de rozamiento con el piso? ¿Cuánta autonomía puede tener nuestro robot? Si quisiéramos que pudiera recargarse automáticamente, ¿cuál sería la variable física que serviría de indicador para el agotamiento energético?

La idea de estas preguntas era discutir y plantear posibles respuestas. Luego, el grupo podía plantear una hipótesis de investigación para dar respuesta a alguna de ellas o podía plantearse nuevas preguntas a responder. En este caso, el grupo se planteó nuevas preguntas, modificando las anteriores, siendo las nuevas preguntas de mayor especificidad en el tema. Identificar una pregunta válida es un gran paso para el proceso de aprendizaje, y la misma no es menos importante que plantear una hipótesis. En esta fase, el grupo logró el objetivo, ya que fueron ellos quienes validaron sus preguntas junto con el docente, quien a modo de moderador determinaba si la pregunta se podía responder en base al material disponible. Decidir si la pregunta de investigación es válida requiere comprender el modelo físico subyacente, y en este aspecto, el estudiante no tiene todavía la experiencia necesaria, es por eso que la presencia del docente es fundamental. A continuación, presentamos las preguntas de los estudiantes:

¿Podemos medir la energía entregada por el robot? ¿Podemos determinar la energía consumida por el robot? ¿Cuánta energía consume el robot cuando no se mueve?

Para poder generar estas preguntas, ellos debieron tener internalizados los conceptos de la conservación de la energía, la energía eléctrica, la energía mecánica, la generación de calor y la presencia de fuerza de roce en el movimiento del robot. También reconocer en qué partes del Robot se encuentran las mayores pérdidas de energía. Podemos decir que alcanzaron los objetivos de esta fase, ya que enunciaron una serie de interrogantes que se encontraban asociados a los conceptos físicos que se querían enseñar: la energía y su conservación.

(3) *Fase de investigación.* El proceso de planificación de la exploración o experimentación, recolección y análisis de datos tiene como desafío el diseño experimental. Se analizaron varias formas de determinar la energía mecánica generada por el robot. Algunas experiencias resultaron fallidas, como intentar determinar la variación de energía cinética del robot, ya que el mismo utiliza motores con reductores, lo que hace que pase de velocidad cero a velocidad crucero

en un tiempo muy corto y se hace muy difícil medir con un cronómetro esa variación de tiempo. Se optó por determinar la velocidad media y la fuerza de tracción y analizar la conocida expresión: $Potencia = Fuerza \times Velocidad$.

El grupo tomó el enfoque de medir la fuerza de tracción mediante un dinamómetro que entregaba un valor de la fuerza que tenía que ejercer el robot a velocidad constante arrastrando una serie de masas por una superficie con roce. Dado que la velocidad se hace constante en un tiempo muy corto, alcanzando rápidamente la velocidad cruce, se procedió a medir distintas fuerzas de tracción sobre el robot variando la carga que tenía que arrastrar por el piso, que es aproximadamente igual a la fuerza de rozamiento moviéndose a velocidad constante, utilizando un dinamómetro entre el robot y la carga. Se consideró que la rueda libre de apoyo tiene un rozamiento mucho menor que la carga. El grupo terminó construyendo un experimento como el mostrado en la Figura 2.



FIGURA 2. Foto que muestra el arreglo experimental que los estudiantes armaron. El robot impulsa una serie de bloques que generan roce contra la mesa. El dinamómetro mide la fuerza de tracción que realiza el robot.

El proceso de medición resultó muy interesante para que ellos validaran los resultados y evaluaran los errores que se estaban cometiendo. Se repitió la experiencia varias veces hasta lograr que los valores obtenidos tuvieran poca variabilidad. A continuación, en la tabla II se pueden ver las mediciones que realizó el grupo. En la Figura 3 se ve la gráfica que permite determinar la potencia desarrollada a través de la pendiente de la Fuerza versus la Inversa de la Velocidad. También se puede observar la disminución de la velocidad al aumentar la masa de la carga de arrastre.

TABLA II. Datos tomados para responder las preguntas y su correspondiente análisis.

| Masa arrastrada | Fuerza de roce [N] | Tiempo [s] en recorrer 3m | | Tiempo promedio [s] | Velocidad [m/s] | 1/v [s/m] |
|-----------------|--------------------|---------------------------|------|---------------------|-----------------|-----------|
| 50 g | 0,1 | 5,29 | 5,19 | 5,24 | 0,573 | 1,75 |
| 100 g | 0,2 | 5,62 | 5,55 | 5,59 | 0,537 | 1,86 |
| 150 g | 0,3 | 5,91 | 6,01 | 5,96 | 0,503 | 1,99 |
| 200 g | 0,4 | 6,75 | 6,45 | 6,60 | 0,455 | 2,20 |

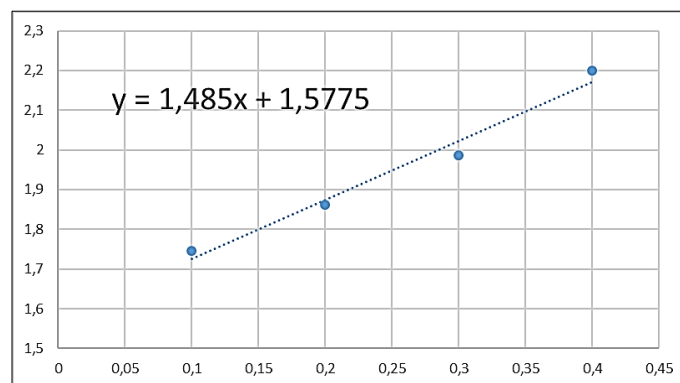


FIGURA 3. Gráfico que muestra la fuerza en función de la inversa de la velocidad obtenida por los estudiantes.

La gráfica de la figura 3 presenta una ordenada al origen que no se puede despreciar frente a los valores de fuerza de tracción del dinamómetro. Este resultado se discutió con el grupo, junto con el docente, llegando a la conclusión de que dicha ordenada está indicando la presencia en el robot de otra fuerza que no se tuvo en cuenta. Esa fuerza tuvo que haber sido generada por el rozamiento de la rueda libre que sirve de apoyo al chasis del robot, pero no contribuye a la tracción. Sin embargo, la pendiente sigue representando la potencia desarrollada por el robot.

La determinación de la potencia entregada por las baterías no fue tan evidente para los estudiantes. El profesor orientó en la forma de calcularla a través de la expresión $\text{Potencia} = \text{Voltaje} \times \text{Corriente}$. Se procedió a medir el voltaje y la corriente con un *tester* en varias instancias a la salida de la batería. Se comparó con la potencia mecánica desarrollada por el robot, se analizaron conceptualmente las pérdidas de energía en los motores y circuitos electrónicos para tener una idea del rendimiento del sistema. También se puede observar cómo aumenta la corriente entregada por las baterías al aumentar el peso de la carga de arrastre. Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA III. Datos tomados para responder la pregunta sobre la potencia eléctrica entregada para la batería.

| | | Voltaje [V] | Corriente [A] | Potencia [W] |
|--|-------|----------------|------------------|-----------------|
| Robot encendido pero sin moverse | | 7,2 | 0,06 | 0,43 |
| Robot cuando sus ruedas giran, pero están en el aire sin traccionar. | | 7,2 | 0,35 | 2,52 |
| | 50 g | | 0,38 | 2,74 |
| Robot cuando se desplaza con distintas cargas | 100 g | 7,2 | 0,41 | 2,95 |
| | 150 g | | 0,44 | 3,17 |
| | 200 g | | 0,45 | 3,24 |

(4) *Fase de Conclusión y Discusión.* Aquí, el modelo físico que los estudiantes estuvieron trabajando —tanto en las clases como en forma personal— debe compararse con el trabajo de las mediciones y con sus investigaciones propuestas. Los datos que lograron medir tienen que mostrar algún tipo de relación, poner en juego el modelo físico, para dar respuesta a las preguntas. En esta etapa el estudiante tiene que evaluar si la explicación que está dando se encuentra a la altura de la pregunta realizada. Emitir un juicio o una respuesta basado en los datos es el desafío que se pretende para un estudiante que se encuentra en los últimos años de la secundaria. Tiene que poder evaluar y asegurar que está generando un nuevo aporte a su propio conocimiento. A cada estudiante del grupo se le pide que elaborará en forma escrita una conclusión final. Anterior a esta instancia, se discutió en grupo sobre una posible respuesta a las preguntas, pero la conclusión final fue individual. A continuación, transcribimos algunas de las respuestas dadas por los estudiantes.

“... podemos decir que la potencia consumida por el robot es de 2,74W a 3,24 W. Para distintos valores de fuerza de roce el motor del robot se comportó igual cambiando poco el consumo en la pila. “ [...] “La potencia consumida desarrollada en forma de energía cinética es de 1,485W y la energía sin moverse del robot es de 0,43 W. El balance con la energía consumida fue variando para cada caso. La conservación de la energía es una ley que en este caso no la hemos podido confirmar. Una forma de que esta ley sea correcta es suponer que se genera calor en el robot por el valor de 1,425 a 1,76 W. Pero creo que hay algunas cuestiones que no se tuvieron en cuenta. El valor de 0,43W no representa bien el consumo total de la placa Arduino junto con el módulo inversor y el módulo bluetooth.” (Estudiante A)

“Se obtuvo una respuesta para las tres preguntas del trabajo. La potencia desarrollada resulto ser de 1,485W constante o siempre igual. La potencia consumida por la pila se tomó un valor máximo de 3,24 W y la potencia cuando no se mueve es de 0,43W. Con estos tres valores no es mucho lo que se puede concluir sobre la ley de conservación de la energía. Hay muchos factores que no fueron considerados en los ensayos.” [...] “Al igualar la energía de entrada con la energía de salida obtengo $3,24\text{ W} - 1,485\text{ W} = 1,755\text{ W}$. Esta potencia máxima es la que corresponde al funcionamiento de placa Arduino junto con el módulo inversor y el módulo bluetooth. Y además podemos agregar a esta cantidad el calor que se generó y no pudimos medir” (Estudiantes B)

“La pregunta sobre la energía entregada por el robot ha sido la más fácil de responder, con ayuda de la física de las fuerzas. La fuerza de roce es fácil de medir con un dinamómetro, lo mismo que el tiempo y la distancia que recorría el robot. La energía de la pila también requiere que se use un tester para lograr obtener su consumo de voltaje y de corriente. Los valores de estas cantidades han dado 1,485 W y la energía entregada por la pila varió entre 2,71W y 3,24W. Está muy bien que la potencia entregada sea mayor a la potencia que el robot gastó en su funcionamiento. La diferencia entre estos valores se puede explicar buscando en internet los consumos de cada uno de los elementos usados en este robot. Por ejemplo, el módulo Arduino se estima con un consumo de 0,54 W, el módulo de transmisión Bluetooth es de 0,25 W y el módulo de potencia es de 0,26 W. Quedando en el balance de energía un valor de entre 0,175 y 0,705 W que no podemos explicar. Puede ser explicado como parte de la generación de calor en los motores del robot.” (Estudiante C)

V. CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA

La enseñanza basada en la indagación usada en este caso como marco ha aportado a los autores muchos beneficios. Unos de los aspectos más llamativos es que las conclusiones a las que arribaron los estudiantes han sido por demás satisfactorias y correctas desde la física. Los extractos mostrados en la sección anterior, a modo de conclusión, estuvieron fundados en los datos empíricos obtenidos en el desarrollo del proceso de indagación. Sus afirmaciones finales tienen carencias propias de la inexperiencia en actividades de medición y experimentación, pero han logrado el objetivo de dar una explicación científica. Estos mismos estudiantes tuvieron física curricular en los años anteriores y dicha materia se desarrollaron bajo el formato en el cual se resuelven problemas y memorizan procesos algorítmicos propios de los problemas de física, llamados de lápiz y papel. En el trabajo durante el taller, estos mismos estudiantes confirman “no tener buen desempeño en física” o “no entender la materia”, sin embargo, han mostrado que son capaces de aplicar los principios de la conservación de la energía correctamente.

Cabe indicar que no se ha realizado una investigación sobre las mejoras del aprendizaje conceptual de esta secuencia de trabajo comparada con las actividades de clase curricular de física. Es fundamental aclararlo, dado que los beneficios de esta metodología, indicados en el párrafo anterior han sido apreciaciones del docente a cargo del taller, autor de este trabajo, y por la buena actitud y comportamiento durante el taller. Estas observaciones no son una cuestión menor, pero cabe aclarar que esta secuencia requerirá en un futuro de un estudio exploratorio sobre las mejoras en la enseñanza que aporta este tiempo de implementación. Un segundo punto para aclarar es sobre el desarrollo de la propuesta en el tiempo. El docente que quiera llevar adelante esta actividad debe saber que la implementación con todas sus fases duró un mes de clase con dos horas reloj por semana. La construcción y puesta en marcha del robot requirió de tres meses de preparación, anteriores a la implementación desarrollada en este trabajo.

Usar el robot como herramienta para introducir temas de física en el aula genera curiosidad y se nota en los estudiantes un interés por crear, mejorar o modificar las características del robot. Los docentes a cargo de este trabajo creemos que hay un punto fundamental donde debemos replantear a nuestros estudiantes su papel frente a las tecnologías y dar los primeros pasos en su comprensión y análisis, para de esta forma, dejar de ser simples usuarios. Actitud que creemos puede modificar los problemas aparejados por el exceso en el uso y consumo de dispositivos digitales y sus aplicaciones.

Por último, queremos dejar en claro que el uso de la robótica educativa en el aula de clase muestra que se pueden obtener resultados positivos en varios aspectos del proceso enseñanza y aprendizaje, no obstante, y como ya se mencionó, el docente es siempre la piedra angular para la acción pedagógica. No podemos olvidar que la tecnología es solo una herramienta, que si no se planifica acorde a una adecuada estrategia sus efectos pueden no solo ser nulos, sino que contraproducentes. Lo que nos hace recordar que la actividad docente es una actividad humana por excelencia donde su más elevada premisa es acompañar y guiar a los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración y la buena predisposición de las autoridades del Colegio Luis Federico Leloir. También a los estudiantes del curso 6to turno tarde, ciclo lectivo 2023, orientación Ciencias Naturales, por su esfuerzo y dedicación. Al Club de Ciencia y Tecnología Luis Federico Leloir.

Este proyecto recibió financiamiento de la Convocatoria “Fortalecimiento y Creación de Clubes de Ciencia y Clubes Digitales”, Subsecretaría de Coordinación Institucional, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

REFERENCIAS

Adrogué, C., y Orlicki, M. E. (2020). Acceso y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Escuela Secundaria en diferentes contextos socioeconómicos en Argentina. *Praxis educativa*, 24(3), 117-117.

Chinn, C. A. y Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.

Couso, D., Jiménez-Liso, M.R., Refojo, C. y Sacristán, J.A. (Coords.) (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT y Fundación Lilly. Madrid: Penguin Random House.

Budnyk, O., Protas, O., Voloshchuk, H., Berezovska, L. y Rusakova, O. (2021). Current challenges in the conditions of distance education: Inquiry based learning. *Revista Inclusiones*, 8(Esp.),210-222.

Errrobidart, A. E. (2019). La comunicación pedagógica y las TIC en la escuela secundaria: misceláneas de una relación conflictiva. *Educación, lenguaje y sociedad*, 17(17).

Jauregui, P. A., Goienetxe, R. M. A. y Vidales, K. B. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124.

Lara, L. F. y Samper, C. (2015). Logros y desaciertos cuando se aprende a demostrar. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 113-132.

Massei, M., Yuan, R., Canalis, M. F., Ribotta, G., Druetta, J. y Peretti, G. (2019). La robótica educativa: un recurso para potenciar las capacidades científicas-tecnológicas. Presentado en *XIV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 1 y 2 de julio, San Luis, Argentina.

Ministerio de Educación de la Nación (2017). Orientaciones pedagógicas de Educación Digital. Recuperado de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005853.pdf>.

Lopez-Caudana, E., Ramirez-Montoya, M. S., Martínez-Pérez, S. y Rodríguez-Abitia, G. (2020). Using robotics to enhance active learning in mathematics: A multi-scenario study. *Mathematics*, 8(12), 1-21.

Lucio, P. B. (2008). Seymour Papert: parábolas para explicar el debate sobre las TIC. *Revista panamericana de pedagogía*, 1(12), 11-22.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T. y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, pp.47-61.

Rodríguez-García, A. y Arias-Gago, A. R. (2022). ¿El aprendizaje basado en indagación mejora el rendimiento académico del alumnado en ciencias? Análisis basado en PISA 2018. *Revista Colombiana de Educación*, 86, 53-74.

Sampedro, J. E. V., Redrobán, M. C. S. y Álvarez, C. E. A. (2020). Robótica educativa aplicada a la comprensión de la lógica proposicional. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 200-225.

Sousa, M. S., Reis, G. L., Almeida, V. M., Souza, L. F., Barroso, M. F., Amaral, G. F. y Nepomuceno, E. G. (2011). A robótica educativa como Instrumento de Apoio ao Ensino de Ciências Naturais e da Física. *Mostra Nacional de Robótica MNR*.

Trentin, M. A. S., da Rosa, C. W., da Rosa, Á. B., & Teixeira, A. C. (2015). Robótica educativa livre no ensino de Física: da construção do robô à elaboração da proposta didática de orientação metacognitiva. *Revista Brasileira de ensino de ciência e tecnologia*, 8(3), 274-292.

Vargas, J., Guapacho, J. y Isaza, L. (2017). Robótica móvil: una estrategia innovadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 52, 100-118.