



Universidad Internacional de La Rioja

Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

La robótica aplicada a las
prácticas de la asignatura de
química de 1º de bachillerato

Presentado por: Martina Albir
Línea de investigación: Utilización educativa de otros recursos
Director/a: Alicia Palacios

Ciudad: Barcelona
Fecha: 18/07/2014

RESUMEN

Este proyecto pretende indagar sobre la viabilidad de la introducción de la robótica en las prácticas de la asignatura de química de 1º de bachillerato, fruto de la iniciativa planteada por la Institución Cultural del CIC, escuela de bachilleratos situada en la ciudad de Barcelona.

El desarrollo de la robótica, en un principio a nivel industrial, llegó al campo de la educación en los años 60 de la mano de Seymour Papert y su trabajo desarrollado a partir de las teorías de Piaget, del cual nació el lenguaje de programación LOGO y con él, el concepto de robótica educativa. Este concepto relativamente novedoso ha ido tomando forma y expandiéndose exponencialmente a raíz de la iniciativa de muchos centros que han decidido poner en marcha proyectos educativos creando así una nueva metodología de trabajo cuyas principales aportaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje son el aumento de la creatividad y desarrollo de habilidades técnicas. Tras un estudio de los fundamentos teóricos de la robótica educativa y los beneficios de ésta, se selecciona Arduino de entre todas las posibilidades existentes en el mercado como herramienta idónea para la iniciación de los alumnos en éste campo. Se evalúa el nivel previo de creatividad de los alumnos a la implantación del proyecto, se les presenta la herramienta y se estudia el grado de motivación que les despierta. Finalmente se estima como viable el proyecto y se realiza una propuesta práctica para su puesta en marcha.

Palabras clave: robótica educativa, creatividad, bachillerato, química.

ABSTRACT

The aim of this is to investigate the viability of the introduction of robotics in the first year chemistry laboratory practicals, as a result of the initiative of Institución Cultural del CIC, baccalaureate school located in the city of Barcelona.

The development of robotics started growing in the industrial field, and was introduced into education in the 60's by Seymour Papert and his work with Piaget theories, when LOGO programming language was born and with it, the educational robotics concept. It has exponentially expanded as a result of many schools that have decided to start up education projects creating a new work methodology whose main contributions to the teaching-learning process are the increase of creativity and technical skills development. After a theoretical foundations study of educational robotics and the benefits of it, Arduino was chosen from all possibilities in the market as an ideal tool for initiating students in this field. The previous level of creativity of the students to the implementation of the project is evaluated, Arduino tool is presented and their motivation against the proposal is studied. Finally the viability of the project is approved and a practical work with this tool is proposed.

Keywords: educational robotics, creativity, high school, chemistry.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2.1. Objetivos	5
2.2. Fundamentación de la metodología.....	5
2.3. Justificación de la bibliografía.....	7
3. DESARROLLO	9
3.1. Marco teórico	9
3.1.1. Breve historia de la robótica y nacimiento de la robótica educativa.....	9
3.1.2. Primeras aplicaciones de la robótica como recurso didáctico.....	12
3.1.3. Aportaciones de la robótica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	14
3.1.4. Comparación de diversos métodos de enseñanza mediante la robótica educativa.....	16
3.1.5. Justificación de la elección de Arduino como instrumento para introducir la robótica en bachillerato.....	23
3.1.6. Cómo funciona ARDUINO y cuáles son sus posibilidades.....	24
3.2. Materiales y métodos.....	26
3.3. Resultados y análisis.	32
3.3.1. Resultados del cuestionario de creatividad personal	32
3.3.2. Análisis del test de motivación.....	43
4. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
5. PRÁCTICA PROPUESTA.....	52
5.1. Construcción de un termómetro mediante Arduino	52
5.2. Destilación simple empleando un termómetro controlado por Arduino .	55
6. CONCLUSIONES.....	58
7. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	60
8. BIBLIOGRAFÍA.....	61
8.1. Referencias bibliográficas.	61
8.2. Bibliografía complementaria.....	63
ANEXOS.....	64
ANEXO I Cuestionario de creatividad personal	64
ANEXO II Resultados del cuestionario de creatividad personal	67
ANEXO III Test de motivación	69
ANEXO IV Resultados del test de motivación	71
ANEXO V Imágenes de la sesión realizada con los alumnos	73

1. INTRODUCCIÓN

La palabra *Robot* fue empleada por primera vez en el título de una obra de teatro del escritor checo Karel Čapek estrenada en 1921, *Rossum's Universal Robots*. En este drama de ciencia-ficción se empleaba el término checo *Robota* cuyo significado era el de trabajo realizado de manera forzada.

Hicieron falta años de avances y descubrimientos en la mecánica, la electrónica y finalmente la informática para llegar al concepto actual de robótica.

Pero no fue hasta los años 60 que Seymour Papert, catedrático y creador del "Epistemology & Learning Research Group" del Massachusetts Institute of Technology (MIT), aplicó las teorías de Jean Piaget para crear el lenguaje de programación LOGO naciendo así el concepto de robótica educativa. Se pasó por lo tanto de una herramienta utilizada principalmente a nivel industrial a un recurso y medio para la educación.

El presente proyecto pretende estudiar la introducción de la robótica en la etapa de bachillerato centrándose en el primer curso.

Éste nace del cuestionamiento por parte de la dirección de la Escuela de Bachilleratos de la Institución Cultural del CIC, en Barcelona, de la viabilidad de introducir la robótica educativa como enseñanza para pensar y activar habilidades intelectuales, entre otras, la creatividad, mediante el diseño informático de sus propios instrumentos de laboratorio.

El proyecto pretende investigar la forma más adecuada de introducir el diseño informático a estos alumnos como experiencia piloto para transformar la robótica en un contenido transversal aplicable a otras asignaturas.

Hablar de robótica educativa es hablar de la capacidad de transformar todo aquello que nos rodea y adaptarlo a nuestras necesidades. Esto ofrece la posibilidad infinita de imaginar y llevar a cabo nuestros proyectos.

La selección de las prácticas de la asignatura de química como espacio donde realizar la investigación fue debida a la posibilidad de modificaciones e improvisaciones que éstas ofrecen, además de tener una posible aplicación real dentro del próximo curso en el propio centro dado el apoyo de la dirección y el departamento de ciencias.

Desde la perspectiva docente se considera importante introducir el diseño informático, no solo como medio para fomentar la creatividad del alumno, que verá el amplio abanico de posibilidades que éste le abre, también se considera relevante que el alumno adquiera

habilidades con las TIC que le permitan ir más allá de las actividades diseñadas en el centro, despertar en él la curiosidad por la investigación autónoma en el campo de la robótica y todas las posibilidades que le ofrece.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que se propone es la introducción de la robótica en la programación de las prácticas de laboratorio de la asignatura química de primero de bachillerato mediante el uso del microprocesador Arduino.

2.1. Objetivos

El objetivo principal del presente proyecto es el de estudiar la viabilidad de la introducción de la robótica en el currículo de primero de bachillerato, teniendo en cuenta que los alumnos poseen conocimientos básicos de electrónica y mecánica pero no de programación. Éste objetivo principal puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar el concepto de robótica educativa como herramienta para potenciar habilidades mentales y destrezas técnicas.
- Analizar los aportes de la robótica al proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Estudiar el nivel de creatividad de los alumnos de 1º de bachillerato.
- Buscar los medios más adecuados a las características de los alumnos para la enseñanza de la robótica.
- Estudiar la motivación del alumnado ante la utilización de éste recurso.
- Proponer 1 práctica de laboratorio de química en la que se introduzca la robótica.
- Evaluar la viabilidad de la aplicación del proyecto en el centro *Institució Cultural del CIC*.

2.2. Fundamentación de la metodología

El presente estudio puede dividirse en dos fases. En primera instancia se realiza una investigación bibliográfica sobre la robótica educativa desde su nacimiento y su evolución hasta la actualidad. Con ello se pretenden analizar todos los posibles aportes de ésta al proceso de enseñanza-aprendizaje ya que la robótica educativa es un instrumento relativamente novedoso que apenas empieza a incluirse en proyectos de innovación en muchos colegios. Es por ello que la bibliografía existente está basada en gran parte en experiencias y tutoriales así como ejemplos de implantación de ésta herramienta como parte del currículo.

Ante la existencia de múltiples plataformas de robótica educativa para el aula el análisis bibliográfico también recoge una comparación entre ellos para seleccionar el más adecuado en función de las características del alumnado. En el caso que se presenta se considera la plataforma Arduino como idónea para el rango de edad y conocimientos previos del grupo.

Son muchos los autores que coinciden en que una de las habilidades más desarrolladas a través de la robótica es la creatividad (Ruiz-Velasco Sánchez, E., 2007). Por ese motivo, la fase de trabajo de campo se inicia con un estudio mediante un test de orientación sobre la creatividad personal (Ponti, F., 2008) del grupo de alumnos de 1º de bachillerato. Este test proporciona un análisis del punto de partida de creatividad de la experiencia y se realiza previo a cualquier contacto o introducción de la robótica.

El trabajo de campo consiste en una sesión, de una hora y media de duración, en la que posteriormente a la realización del test se introduce a los alumnos al mundo de la robótica. Se explica el concepto de robótica como conjunción de tres disciplinas: mecánica, electrónica e informática. Se presenta la herramienta Arduino, en concreto el *Starter kit* que además del microprocesador básico, incluye todas las piezas y dispositivos necesarios, así como una guía, para la elaboración paso a paso de 14 proyectos distintos entre los cuales se encuentra la construcción y programación de un termómetro. Se muestra a los alumnos el termómetro ya construido y éstos interaccionan con la herramienta viendo y comprobando su funcionamiento. Posteriormente se proyectan diversos videos de otras aplicaciones de Arduino para mostrar todas las posibilidades que este ofrece. Para finalizar la sesión se pasa al grupo un test diseñado por la propia autora de éste estudio, para evaluar cualitativamente el grado de motivación respecto al empleo de la robótica como recurso dentro de su formación.

La sesión tiene como propósito sacar la información necesaria para el diseño de una práctica de laboratorio de la asignatura de química para el próximo curso en la que se pueda introducir el nuevo contenido. Se buscará entre aquellas prácticas ya planificadas que sean más susceptibles de modificarse ligeramente para no afectar a toda la programación. La elección del instrumento del termómetro como prueba para introducir la robótica se justifica en que es uno de los instrumentos más empleados en el laboratorio y si la experiencia funciona podrá aplicarse en el resto de prácticas que requieran ese material.

Una vez diseñada la práctica, con su respectivo guión para la entrega a los alumnos, se estudiará brevemente la viabilidad de la introducción de esta herramienta en la asignatura de química y sus prácticas de laboratorio en el centro. Se pretende analizar la puesta en marcha del proyecto desde el punto de vista económico y estimar en base a los resultados de los tests si la experiencia podría ser fructífera y aportar mejoras a la asignatura.

2.3. Justificación de la bibliografía

La temática que trabaja esta bibliografía es muy amplia ya que la introducción de la robótica en la educación permite trabajar y desarrollar múltiples áreas como informática y tecnología, matemáticas, diseño, etc. Fomenta múltiples aspectos del desarrollo del alumno, haciendo hincapié en la creatividad, el trabajo en grupo y la resolución de problemas.

En ella se debate principalmente la necesidad de educar y potenciar la creatividad del alumno. Ya no es importante tan solo el desarrollo cognitivo, procedimental y actitudinal sino que es vital que el alumno aprenda a imaginar, crear e innovar para afrontar un futuro profesional con éxito. Es decir, que sea capaz de tener ideas, que éstas sean útiles y que sea capaz de llevarlas a la práctica.

No son muchos los autores reconocidos que han escrito sobre el recurso educativo de Arduino y se dispone principalmente de experiencias y proyectos puntuales aplicados en algunos centros.

Si que se encuentran en cambio autores que han trabajado la implantación de la programación en la educación como Seymour Papert, Enrique Ruiz-Velasco Sanchez, que han publicado varios trabajos y artículos sobre ésta temática y han centrado en ella gran parte de su carrera. Se consideran obras de referencia imprescindibles para la realización de esta actividad las obras analizadas sobre experiencias similares en otros centros.

Para el marco teórico también destacan las teorías de Jean Piaget y John Dewey sobre el constructivismo, teoría de la cual nace el construccionismo de Seymour Papert que se desarrolla en apartado de marco conceptual.

Como autores para la redacción de la propuesta práctica destacan Daniel Portero Sobrino y Antonio Ricoy Riego por sus trabajos en formato de tutoriales. El primero

de ellos es autor de una obra que, a pesar de no coincidir con el elemento a construir (en el caso que nos ocupa un termómetro) si que da las bases para un proyecto de éstas características ya realizado con alumnos de edad inferior al bachillerato.

Antonio Ricoy Riego destaca por ser autor de una de las pocas páginas existentes en español en la que se muestran tutoriales sobre la tarjeta Arduino desde el punto de vista educativo y dirigido a jóvenes en edad de secundaria o bachillerato.

3. DESARROLLO

3.1. Marco teórico

3.1.1. Breve historia de la robótica y nacimiento de la robótica educativa.

La palabra robot fue empleada por primera vez por el escritor Karel Čapek, novelista, dramaturgo y director teatral checoslovaco, en su obra *R.U.R (Robots Universals de Russum)* publicada en 1921. El autor empleó el término checo *Robota* en su drama de ciencia ficción, cuya traducción significa trabajo tedioso, forzado o servil.

A nivel industrial, y con el objetivo de diseñar un instrumento programable para la manipulación a distancia, George Devol patentó en 1948 el primer robot tal y como lo concebimos hoy en día. Según la definición de Galvez Legua (2011) entendemos como robot “aquel dispositivo electrónico-mecánico, con capacidad de movimiento y acción, cierto grado de autonomía, que desempeña tareas de forma automática y que exhibe inteligencia computacional y es programable.” (p.6)

La evolución de los robots industriales, de distintas tipologías, clasificaciones y funciones desde sus inicios ha sido exponencial. En unos 30 años las innovaciones han posicionado a los robots en casi todas las áreas productivas y tipos de industria. A pequeña o gran escala han sustituido al hombre en aquellas tareas más arduas y repetitivas (Craig, J. 2006).

Para encontrar el origen de la robótica educativa debemos remontarnos a 1968, cuando Seymour Papert, científico computacional, matemático y docente, doctorado por las universidades de Witwatersrand (Sudáfrica) y Cambridge, desarrolló el lenguaje de programación denominado Logo.

La idea nació gracias a su trabajo con el psicólogo Piaget en la universidad de Ginebra entre los años 1959 y 1963 de quien adoptó los principios del constructivismo para desarrollar su propia visión y metodología de aprendizaje llamado construccionismo (Pittí Patiño et al., 2010).

Ambos autores fueron determinantes para la definición y comprensión del aprendizaje y crecimiento de las personas. Ahora bien, existen ciertas diferencias entre sus teorías.

Es sabido que Piaget estudió el desarrollo intelectual y la formación del conocimiento de los niños y lo definió como un proceso continuo y activo de

organización y reorganización de estructuras mentales a través de distintas etapas de su crecimiento (Martín Bravo y Navarro Guzmán, 2011).

Estudió de forma individual e intrapsíquica, desde la psique, el desarrollo del conocimiento proponiendo a un sujeto ideal, que se desarrolla por mecanismos mentales internos de los cuales ya es portador, con independencia de su entorno. (Rodríguez Villamil, 2008). Las construcciones mentales del niño son muy fuertes y robustas, y definen su manera de hacer y pensar con una integridad y lógica propias.

Aun así Piaget no descarta en su teoría que estas estructuras no puedan ser modificadas por la interacción con el mundo, al contrario, están en continua evolución, pero siempre requieren de la aparición de una idea mejor que tenga suficiente fuerza como para reemplazar la ya existente (Carey, 1987).

Ahora bien, sus teorías son de poca aplicación a la pedagogía ya que realiza un aporte epistemológico a la educación. En la práctica, dentro del aula, el alumno no puede construir su propio conocimiento pues no hay interacción social, esencial para el desarrollo cognitivo.

También puede alegarse que su teoría sobre el aprendizaje queda supeditada al desarrollo biológico, en el cual la escuela no puede intervenir, quedando así en un segundo lugar en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto su teoría queda a medio camino de lo que se busca en teorías más novedosas, que es el impulso de éste desarrollo cognitivo de forma paralela a su evolución biológica sin que esta sea un condicionante (Rodríguez Villamil, 2008).

Su teoría se procura clasificar en etapas el desarrollo del individuo de forma unificada, dejando de lado las diferencias individuales de la persona, los ritmos de aprendizaje, así como la influencia de su entorno o los medios de comunicación.

El construccionismo, adopta las bases del constructivismo y es intersíquico, colectivo y se centra en la formación de conocimiento a través de la acción. Proporciona una mejor explicación de como se forman las ideas, transforman y comunican en distintos contextos. Su teoría hace evolucionar al constructivismo de teorías generales cognitivas a los procesos intelectuales individuales (Ackermann, E., sin fecha).

El construccionismo se basa más en el “aprender a aprender”, en el “hacer para aprender” y el diálogo que desarrolla el alumno con el material que manipula, que fomentará el autoaprendizaje y construirá finalmente nuevos conocimientos.

A diferencia de Piaget, pone mucho énfasis en el contexto, los medios (sobre todo digitales e informáticos) y el entorno para el desarrollo de la persona. La expresión de los sentimientos y de las ideas las transforma en tangibles, permite compartirlas y potenciarlas, por lo que el aprendizaje es un proceso autodirigido en el que cada uno construye sus propias herramientas para pensar con ellas.

Podemos decir entonces que ambas teorías tienen un mismo fin, pero adoptan distintos caminos.

Su coincidencia respecto al constructivismo radica en que ambos defienden que los alumnos elaboran sus propias estructuras cognitivas y realidades que se ven modificadas de forma constante a través de la vivencia personal. No contemplan el conocimiento como un mero objeto a transmitir, cambiar o conservar sino una vivencia personal a construir. Paralelamente el entorno o contexto no es estático ni está a la espera de ser descubierto, se forma y transforma continuamente a través de la experiencia personal del individuo. Sus teorías también coinciden por ser desarrollistas, en el sentido que el desarrollo cognitivo se realiza de forma gradual.

Puede parecer que ambos definen la inteligencia como el equilibrio entre la asimilación y la acomodación de conceptos, ahora bien, Piaget centra su atención en la asimilación. Toda su teoría se basa en las necesidades del individuo para conservar la estructura cognitiva, esta estructura interna y como se organizan los conocimientos en las distintas etapas del desarrollo (Piaget, J. y Inhelder, B., 1967).

Por el contrario, Papert muestra más interés en el funcionamiento del cambio, la formación del conocimiento y su transformación en entornos concretos, en el procesamiento en personas concretas y como se expresa a través de diferentes medios de comunicación.

Si Piaget focalizaba más el estudio en el equilibrio existente en las distintas etapas, Papert indagaba en la inestabilidad e influenciabilidad de los conocimientos en proceso de construcción durante la transición entre etapas. Resalta la importancia de formar parte de la experiencia, convertirse en el objeto de estudio para aprender.

Existe también una diferencia en el sujeto que aprende de ambos autores. En el caso de Piaget estudia al sujeto desde un punto de vista es solitario, se centra en el ser, en cambio Papert entiende como aprendizaje la experiencia personal del contacto con objetos, personas y situaciones distintas (Papert, S., 1980)

Papert observó que la docencia, en concreto de la asignatura de matemáticas se basaba en métodos instructivos, dejando la construcción en un segundo plano. Se propuso como reto cambiar la situación, pero era consciente de que las características de la asignatura de matemáticas requerían algo más complejo que simple material para manualidades para construir conocimiento.

Inició así su trabajo, en 1969, en la cabeza del grupo de inteligencia artificial del MIT (Massachusetts Technological Institute) desarrollando un lenguaje computacional flexible, visible y palpable a la vez que interactivo (LOGO), así como otros materiales o escenarios para facilitar el aprendizaje, creando la robótica educativa. Aunque no fue hasta 1979 que LOGO pudo implantarse en los principales ordenadores de la época, Apple y Texas Instruments (Galvez Legua, 2011).

3.1.2. Primeras aplicaciones de la robótica como recurso didáctico.

Tomando la definición de Galvez Legua de Robótica Educativa como aquel “medio de aprendizaje, en el cual la principal motivación es el diseño y las construcciones de creaciones propias. Estas creaciones se dan en primera instancia de forma mental y posteriormente en forma física, las cuales son construidas con diferentes tipos de materiales y controladas por un sistema computacional” podemos observar las bases del constructivismo de Papert reflejadas en ella.

LOGO fue diseñado para la introducción del alumno de la forma más sencilla posible en la lógica. Éste lenguaje le permite adoptar el papel de programador, de dominante del elemento con el que trabaja.

El primer robot con el que se trabajó fue “la tortuga”. Este objeto podía controlarse conectado a un ordenador con órdenes simples: adelante y a la derecha (véase figura 1). Con el tiempo “la tortuga” se transformó en un gráfico en la pantalla que funcionaba con algunos comandos más (véase figura 2). La tortuga poseía una pluma que trazaba una línea allí por dónde pasaba, con lo que los alumnos empezaban a programar realizando dibujos o formas geométricas según le ordenaran.



Figura 1 – Primera “tortuga” de LOGO unida de forma física al ordenador (Papert, S., 2003).

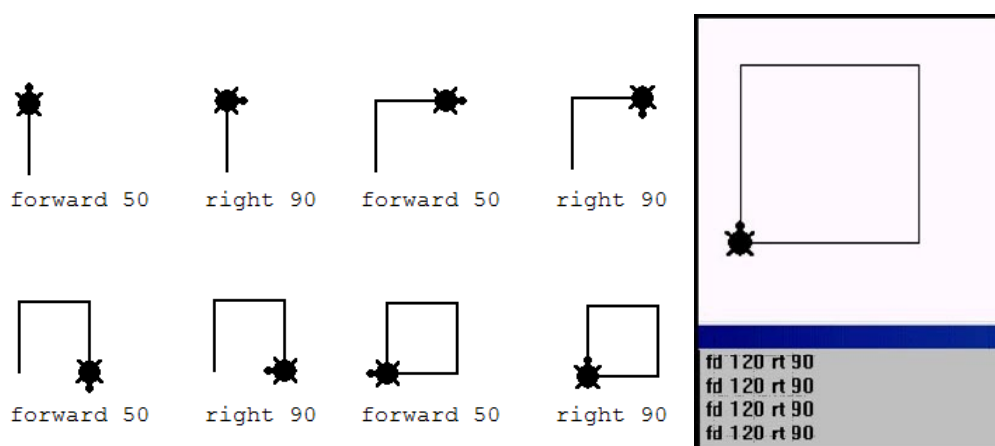


Figura 2 – Comandos para dibujar un cuadrado mediante la versión gráfica en pantalla de la “tortuga” (Papert, S., 2003).

Los comandos que fueron añadiéndose permitían dirigir el robot hacia la derecha o izquierda, atrás y adelante y utilizar o no la pluma de dibujo.

La expansión de las nuevas tecnologías y el nacimiento de la Sociedad de la Comunicación hicieron que negocios, comercios y todos los servicios integraran los ordenadores en su actividad.

En el mundo de la educación y a pesar de algunas reticencias por desconfianza y miedo a la mecanización y pérdida de humanidad en la docencia hubo un colegio pionero que emprendió un proyecto que se extendería rápidamente.

En 1981 la dirección del Colegio Bayard, en Argentina, contactó con Horacio Reggini, ingeniero creador del Grupo de Estudio de Aplicaciones de Computadoras (GEAC), que dedicó su carrera a la asesoría sobre temas de educación, ordenadores y telecomunicaciones para impulsar la introducción de los ordenadores en las aulas. Dado el contacto de Reggini con el MIT, con quienes había trabajado, sugirió el hasta entonces desconocido lenguaje de programación LOGO al colegio. Según sus palabras “LOGO era el software visible y palpable destinado a convertir a las computadoras en alumnos de los alumnos, a transformarlas en máquinas de aprender en vez de enseñar” (Reggini, 2005).

La primera experiencia tuvo lugar en 1982 en las clases de preescolar y luego fueron instalándose ordenadores Texas Instruments 99 en el resto de cursos. (Caballo, 2010).

3.1.3. Aportaciones de la robótica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La teoría constructivista fundamenta, entre otras, la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas. El proceso de resolución de un problema implica dos fases: el análisis, es decir, la rotura del problema complejo en tareas más sencillas y el diseño de soluciones satisfactorias.

Hoy en día el diseño ocupa una posición muy relevante en toda actividad humana. Cualquier tarea o proyecto implica un diseño previo, por lo que cabría esperar que el desarrollo de la capacidad o habilidad de diseñar tuviera un papel muy importante en la educación actual, pero no es así.

El diseño en si mismo no sigue un esquema estructurado, una receta, que pueda ser transmitido y enseñado, es por ello que toda actividad que implica diseño es difícil de incorporar en las actividades del alumno en el aula.

Existen muchas reticencias ante la realización de actividades que impliquen el diseño ya que son difíciles de organizar y sobretodo de evaluar. Por lo tanto, la educación actual no contempla el diseño, la construcción, la creación o la invención.

Es en este aspecto dónde la robótica educativa ofrece una solución para llenar éste vacío de forma cómoda para el docente y a la vez efectiva para el alumno (Universidad Politécnica de Madrid, 2008).

Los aportes de esta herramienta al proceso de enseñanza-aprendizaje van saliendo a la luz a medida que los centros van introduciéndola en sus respectivos currículos.

La robótica en general, con algunas excepciones que veremos en el próximo apartado, trabaja con objetos que deben construirse antes de emplearse y en función de la herramienta empleada el rango de materiales a utilizar para la construcción de un robot es infinito. Los posibles resultados por lo tanto son un sinfín de máquinas distintas que dependen de los intereses y curiosidades propias del autor que trabaja diseñando estructuras, software, elementos electrónicos o mecánicos interconectados entre si. Precisamente esta es la base del construccionismo de Papert, que el estudiante explore, maneje e interactúe relacionando conceptos que van de la ciencia y las matemáticas hasta el arte y el lenguaje.

Es cuando el alumno experimenta un concepto en distintos contextos cuando realmente aprende y no con la mera definición de éstos. Mediante la experimentación, organizan sus ideas y intuiciones, las relacionan, creando conceptos y modelos completos (DiSessa, A. y Sherin, B., 1998).

Mediante la robótica el alumno aprende a integrar los conceptos de distintas materias y a la vez sobre el proceso de diseño en sí mismo. Mientras experimentan extraen reglas heurísticas de diseño, es decir, desarrollan la capacidad de realizar de forma inmediata innovaciones para resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o divergente, es decir, empleando caminos para resolver problemas que no son los que usan habitualmente.

Algunos ejemplos de reglas heurísticas para el diseño pueden ser (Universidad Politécnica de Madrid, 2008):

- Contemplar los errores como una oportunidad para explorar otras vías de resolución.
- Emplear experiencias previas ante un problema nuevo.
- Utilizar materiales y herramientas de forma novedosa, sin limitaciones a su uso cotidiano.

Por lo tanto, se puede considerar que la robótica educativa es una fuente de aportes al proceso de enseñanza aprendizaje en cuanto a su (Galvez Legua, M., 2011):

- Posibilidad de colaborar con los demás para resolver problemas.
- Posibilidad de empleo de ordenadores, que permite una amplia variedad de actividades de diseño y a su vez el aprendizaje del proceso de diseño en si mismo.
- Posibilidad de construcción de representaciones propias de nuestro entorno, comprendiendo mejor algunos conceptos complejos.
- Posibilidad de pensar de forma creativa, analizar situaciones y aplicar habilidades y el pensamiento crítico para solventar situaciones reales.
- Estimulación de la imaginación, concentración y habilidades manuales así como de la creatividad.
- Sumergirse en el campo de la ciencia experimentando y provocando una inquietud por el método científico.
- Posibilidad de experimentar de forma libre en un espacio seguro y controlado en el que no exista peligro en el caso que se cometan errores.

3.1.4. Comparación de diversos métodos de enseñanza mediante la robótica educativa.

A continuación se presenta una tabla con los medios existentes actualmente para introducir y trabajar la robótica en educación. Esta tabla clasifica cada una de las herramientas en función de la etapa educativa con la que se quiere trabajar: infantil (INF), Educación Primaria (EP), Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Bachillerato (BA) o Universidad (UNI) (Fundación Educabot, sin fecha).

Tabla 1 – Medios y recursos didácticos más conocidos para la introducción a la robótica educativa (Fundación Educabot, sin fecha)

Herramienta	INF	EP	EP	EP	ESO	ESO	BA	CF	CF	UNI
Ciclo / Curso / Grado		CI	CM	CS	1 - 2	3 -4		GM	GS	
BEE-BOT: Propuesta perfecta para contar historias y empezar a enseñar control, lenguaje direccional y programación, a partir de 3 y hasta 7 años.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
LEGO WeD: Una herramienta extremadamente fácil y divertida para iniciarse en la robótica, construyendo modelos con sensores simples y un motor que se conecta a un ordenador, y programando comportamientos. Ideal para contar historias y cuentos, en un aprendizaje colaborativo y participativo.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
LEGO Mindstorms: Solución completa de aprendizaje a partir de 8 años. Permite a los estudiantes descubrir la programación controlando dispositivos reales de entrada y salida. Su lenguaje de programación visual posibilita una funcionalidad muy avanzada a la vez que intuitiva.					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OLLO: Nuevo sistema de iniciación a la robótica, flexible, escalable, programable y educativo para diseñar y construir robots, jugando y despertando el interés por la ciencia y la tecnología.				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
ARDUINO: Plataforma de desarrollo abierta (<i>open source</i>) para construir y programar tus propios robots. Combinable con sistemas mecánicos escalables.						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FISCHERTECHNIK: Sistema flexible modular y escalable de aprendizaje mediante construcción de modelos de máquinas sencillas, robots y máquinas industriales, con unos componente de plástico de una durabilidad y calidad excepcionales. Utiliza un sistema de montaje próximo a la realidad al utilizar piezas encajadas mediante conexiones.						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BIOLOID STEM: Sistema de transición entre las plataformas OLLO y Bioloid, orientado al aprendizaje de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas.						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MOWAY: Plataforma hardware de última tecnología que puede acompañar al alumno desde los primeros programas sencillos (sumo, fútbol, rastreador de línea...) hasta las aplicaciones más complejas de robótica colaborativa y proyectos de prácticas de electrónica.						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Herramienta	INF	EP	EP	EP	ESO	ESO	BA	CF	CF	UNI
Ciclo / Curso / Grado		CI	CM	CS	1 - 2	3 - 4		GM	GS	
TETRIX: Sistema metálico de construcción que incluye elementos de aluminio, engranajes metálicos, servomotores duraderos y ruedas omnidireccionales, y amplía las posibilidades de LEGO Mindstorms permitiendo construir robots más robustos, sólidos, y de mayores prestaciones y posibilidades creativas.						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
VEX: Sistema de diseño de robótica que permite desarrollar proyectos, personalizables según la capacidad de los estudiantes, en los que poner en práctica conceptos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, y fomentar el trabajo en equipo, liderazgo y resolución de problemas en grupo.							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BIOLOID: Plataforma robótica concebida de forma flexible, modular y escalable para construir de forma guiada 29 robots o las propias creaciones robóticas. Ideal para educación y hobby, así como para competición e investigación.							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DYNAMIXEL: Actuadores para robots de muy altas prestaciones, orientados a la construcción de robots a medida								<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DARwIn-OP: La plataforma humanoide <i>open source</i> (software y hardware) de presupuesto asequible tecnológicamente más avanzada del mundo. Preparada y con potencia suficiente para aplicaciones de visión artificial, inteligencia artificial, interacción y comunicación hombre-máquina, competiciones de fútbol...										<input checked="" type="checkbox"/>

Para este estudio nos centraremos básicamente en la comparación entre dos de las herramientas más empleadas y extendidas actualmente como son: Lego y Arduino.

Partiendo de que ambas herramientas tienen como objetivo la experimentación y creación de todo tipo de robots inteligentes y automatizados, son muy diferentes en aspectos fundamentales. Ambas empresas ofrecen una amplia gama de productos que en muchas ocasiones vienen en forma de paquete de iniciación o con el que se pueden realizar varios proyectos. En estos paquetes el usuario ya dispone de todas las piezas necesarias para los proyectos de manera que no debe comprarlos individualmente a medida que va avanzando y además incluyen guías de iniciación con un lenguaje muy comprensible para aquellos que experimentan por primera vez con la robótica.

Si partimos del último paquete sacado al mercado por la empresa Lego, el Lego Mindstorm NXT 2.0 podemos decir que es compatible con los otros modelos y que en muchas ocasiones se complementan entre sí. Pueden añadirse componentes adicionales pero con las piezas del paquete ya pueden realizarse una gran cantidad de proyectos.

El método de enseñanza creado por Lego es unificado y muy pautado de forma que puede partirse de un paquete inicial sencillo e ir incrementando la dificultad de las programaciones que realiza.

Su diseño es muy atractivo para niños y la edad recomendada para su introducción son los 10 años, aunque permite trabajar algunos conceptos muy básicos con edades más tempranas.

El lenguaje de programación de Lego (NXT) es sencillo e intuitivo, fácil de comprender pero igual de eficaz que cualquier otro lenguaje. El software que se emplea (NXT-G) se basa en la ordenación de bloques que significan comandos. A través de estos bloques y la modificación de algunos parámetros se va configurando el programa que controlará el robot (NXTorm, 2010).



Figura 3– Microcontrolador NXT de Lego.

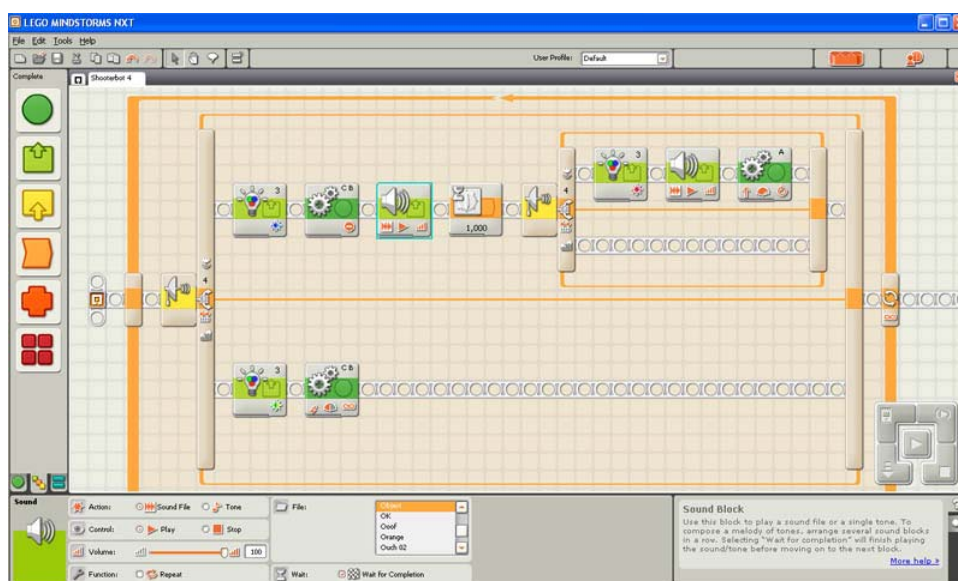


Figura 4 – Software de programación de Lego NXT-G. (NXTorm, 2010)

Legos están diseñados para ser utilizados por niños con lo que es una herramienta segura y robusta que permite la experimentación sin riesgos.



Figura 5 – Robot con sensores de distancia y sonido realizado con Lego NXT. (NXTorm, 2010)

A nivel práctico existen dos inconvenientes en la última versión de Lego Mindstorm NXT 2.0 y el resto de paquetes. El primero de ellos es que la batería ha tenido que ir incrementando dado que en sus inicios estaba dotada de muy poca autonomía y a demás el cargador no se incluía en el paquete. El otro inconveniente que presenta es su precio. Comparado con el resto de recursos o materiales didácticos que podemos encontrar, Lego es de las más caras y representa una gran inversión para aquellos centros que desean adquirir varios paquetes para el trabajo en grupos de 3 alumnos tal y como se recomienda. El precio por el set básico de la última versión está por encima de los 300 euros por unidad.

En este aspecto Arduino marca la diferencia. La empresa también ofrece paquetes en los que ya se dispone de todos los componentes para realizar los primeros proyectos pero a diferencia de Lego también pueden adquirirse por separado en cualquier tienda de electrónica.

A diferencia de Lego, Arduino es un software de código libre, lo que implica que se puede descargar el diagrama del circuito, comprar los componentes estándares en cualquier tienda y construir la propia plataforma, sin pagar nada a los creadores de Arduino.

Las placas (microcontroladores) pueden comprarse ya montadas previamente pero su precio oscila entre los 20 y 80 euros aproximadamente. El reemplazamiento de un chip de la placa es sencillo y tiene un coste inferior a los 5 euros por lo que pueden cometerse errores.

Arduino también se diferencia de Lego y el resto de plataformas existentes por ser un entorno de plataforma múltiple, es decir, ejecutable desde Windows, Mac y Linux. Se programa a través de cable USB y no a través de puertos serie, dado que muchos equipos modernos ya no disponen de dicha conexión.

Así pues, y a diferencia de Logo, Arduino no requiere comprar componentes de la marca sino que permite hasta desmontar cualquier dispositivo obsoleto o estropeado y reutilizar sus componentes, o modificarlo y darle un nuevo uso.

Arduino emplea uno de los lenguajes más utilizados en informática, el lenguaje C, el mismo que se emplea en los sistemas operativos, videojuegos, y otros objetos de uso cotidiano.

Si bien el lenguaje de programación C no es el más sencillo, si es el básico en el mundo de la programación. Requiere algo de formación pero una vez dominado, permite entender en profundidad el funcionamiento y aprendizaje de otros lenguajes.

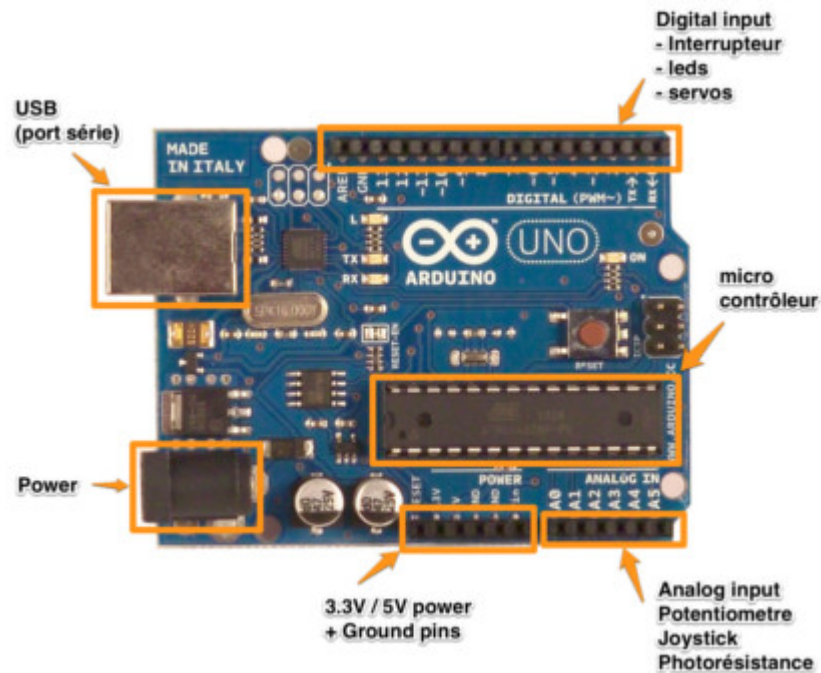


Figura 6 – Microprocesador o placa Arduino modelo UNO (Ro-botica, 2012)



Figura 7 – Control de una cámara fotográfica a partir de Arduino y control remoto. (Ro-botica, 2012)

Un inconveniente importante de Arduino respecto a Lego es que éste no fue diseñado específicamente como un método o material educativo por lo que posee

piezas pequeñas que no están pensadas para ser manipuladas por niños en edades tempranas (riesgo de ser ingeridas).

Para finalizar la comparación entre ambas herramientas es muy esclarecedora la frase de White (2011):

“En cierto modo, la diferencia entre los dos es como la diferencia entre un ordenador de Apple y un PC. El ordenador de Apple y el kit Lego Mindstorm son más pulidos, sencillos, más caros y más restrictivos. Es probable que usted vea Lego Mindstorms utilizados en Secundaria y Bachillerato. La computadora PC o Arduino es menos costoso, más áspero alrededor de los bordes, y se presta a la experimentación más loca. Los Kits de Arduino son de uso común en la escuela secundaria y la universidad. Ambos son excelentes herramientas de aprendizaje, (...)” (Párr. 7)

3.1.5. Justificación de la elección de Arduino como instrumento para introducir la robótica en bachillerato.

Después de la comparativa realizada en el apartado anterior se seleccionó Arduino como herramienta para la introducción de la robótica en el currículo de bachillerato dadas sus cualidades en cuanto a precio, asequibilidad y variabilidad en sus aplicaciones.

Se consideró importante el factor económico, dado que la apuesta por un proyecto de éstas características en un centro con una ratio de 35 alumnos por clase, implicaría la compra de unos 11 paquetes de material Lego con un coste de unos 3500 euros. En comparación con la inversión que requiere Arduino, unos 20 euros por placa de microcontrol y la facilidad y precio de adquisición del resto de componentes para cualquier proyecto hizo descartar la opción de Lego.

Otro factor a considerar fue que Lego no tiene porqué implicar el aprendizaje de una herramienta fundamental en la robótica como es el lenguaje de programación. Este aprendizaje requeriría una buena planificación de la asignatura y podría incluirse en la programación de otras como por ejemplo Ciencias para el mundo contemporáneo. De esta manera el peso de enseñar el lenguaje de programación no recaería en una sola asignatura alterando significativamente sus contenidos y temporización.

Por otra parte se consideró importante que los alumnos de bachillerato conozcan, además de la robótica, el lenguaje informático básico común y adquieran unas mínimas competencias de programación.

Existen otras experiencias con resultados positivos del empleo de Arduino en ese rango de edad (Wirwahn, J., 2012) por lo que se estima factible su aplicación.

El último factor que se tubo en cuenta fue que en el caso de Lego la mayoría de piezas o partes del robot ya vienen montadas y no existe un trabajo propiamente electrónico sino de ensamblaje de piezas. Se consideró que los alumnos de bachillerato, teniendo en cuenta las competencias y contenidos trabajados en secundaria serían capaces de seguir las instrucciones para la construcción de los circuitos electrónicos y mecánicos y además podría ser una buena oportunidad para ampliar sus conocimientos.

3.1.6. Cómo funciona ARDUINO y cuáles son sus posibilidades.

Partiendo de la descripción Massimo Banzi, cofundador de Arduino, podemos definir a esta herramienta como una plataforma de sistema informático físico de código libre, basada en una placa de entradas y salidas que permite desarrollar robots o conectarse a un software. (Banzi, M., 2014)

Un robot trabaja mediante 3 etapas cíclicas:

- El procesamiento de la información introducida mediante la programación.
- La realización de una acción física.
- Percepción del estado y entorno en el que se encuentra.

Arduino, igual que el resto de herramientas de la robótica educativa implica 4 fases independientes entre si, que ordenadas de forma lógica conducen a la construcción de lo que denominamos robot. Estas fases son:

- Diseñar: a partir de una idea o la necesidad de resolver un problema, partiendo de ejemplos ya conocidos o situaciones parecidas o bien empleando la imaginación.
- Construir: a partir de la placa básica, sensores, circuitos, piezas y conexiones una posible solución al problema o idea planteado.
- Programar: escribir en lenguaje informático aquella secuencia de órdenes que queremos que realice el robot, contemplando todas las posibilidades en las que se puede encontrar. A ésta programación se la denomina código o algoritmo y

se emplea el término *compilar* para hacer referencia a su lectura por parte del software que estamos empleando.

- Probar: en base a las expectativas y objetivos planeados en el diseño, se debe exponer el robot a aquella situación o problema ante la que queremos que responda. Pueden darse varios errores: que el algoritmo contenga errores de lenguaje (no compile) o bien que el robot no actúe o lo haga de forma no deseada, por lo que se deberá regresar a la fase de programación (Papert, S. 2003).

Podemos establecer una relación directa entre la robótica educativa y el método científico ya que este también sigue una pauta establecida para dar respuesta a una pregunta: observar, definir el problema, plantear unas hipótesis, ponerlas en práctica y sacar conclusiones. Revisando en caso necesario el planteamiento (Galvez Legua, M., 2011).

Arduino propone una modificación del proceso de ingeniería clásico que pretende partir de un punto A para llegar a un punto B, perderse en el proceso y encontrar el punto C, métodos más rápidos y eficaces para crear mejores prototipo. Los mismos autores de Arduino denominan este proceso como modificación experimental (*tinkering*) y lo describen como un camino alternativo para explorar de forma abierta y encontrar lo inesperado (Banzi, M., 2014).

Mediante este proceso Arduino permite, entre otras posibilidades:

- Crear prototipos: objetos que interactúen con otros objetos, personas o redes de la forma más simple y económica posible. Muchas veces esta forma de trabajo implica el empleo de dispositivos ya creados y modificarlos para aprovecharlos.
- Modificar experimentalmente: jugar sin metas definidas, sin objetivos. Interactuar con hardware y software sin un fin específico. Reutilizar equipos obsoletos o baratos y conseguir de ellos algo nuevo.
- Parchear: consiste en la conexión de dispositivos entre sí. Con la aparición del software los dispositivos se pueden visualizar como “cajas” con distintas funciones. El software permite al usuario experimentar de forma muy visual sin la necesidad de reescribir los códigos de programación de cada dispositivo, ahorrando errores de compilación y obteniendo resultados de forma más rápida.

- Modificar circuitos: consiste en la modificación creativa de dispositivos de audio para crear nuevos instrumentos musicales y generadores de sonido. El pionero del *circuit bending* o modificación de circuitos fue Reed Ghazala, quién creó por casualidad un cortocircuito en un amplificador de juguete obteniendo sonidos poco habituales. Y es que esta técnica consiste en la creación de nueva tecnología sin saber lo que se está haciendo desde un punto de vista teórico.

Otras aplicaciones de Arduino pueden ser: modificar teclados de ordenador, reciclar objetos, modificar juguetes,... (Banzi, M., 2014). Y es que las aplicaciones de Arduino no dejan de aumentar gracias a los millones de usuarios que comparten sus descubrimientos, códigos, problemas, soluciones, ideas, etc. en la red en forma de blogs o sitios Web.

3.2. Materiales y métodos

Para el estudio de las ventajas que puede aportar la robótica en el proceso de enseñanza aprendizaje se realizará en primer lugar y de forma anterior a la presentación del tema un cuestionario sobre el nivel personal de creatividad de los 25 alumnos pertenecientes al grupo de 1º de bachillerato C, seleccionado al azar de entre los de ciencias, con los que se trabaja como muestra. Este cuestionario consiste en 45 afirmaciones en las que el alumno debe responder su grado de identificación con una escala del 1 al 5 siendo, 1 = Nada, 2 = Poco, 3 = Bastante 4 = Mucho, 5 = Totalmente / siempre (Frank, P. y Ferras, X., 2008). Este cuestionario proporcionará una visión del nivel de partida creativo con el que se pretende comenzar este proyecto (puede consultarse el contenido del cuestionario en el anexo I).

El criterio de evaluación de la creatividad personal individual seguido es el pautado por el autor del cuestionario y se obtiene del sumatorio de los resultados de los 45 ítems o afirmaciones individuales (Frank, P. y Ferras, X., 2008):

- Puntuación de 45 a 90: nivel muy bajo de creatividad personal.
- Puntuación de 90 a 135: nivel bajo-medio.
- Puntuación de 135: media.
- Puntuación de 135 a 180: nivel medio-alto.
- Puntuación de 180 a 225: nivel alto.

Este test, además de evaluar la creatividad personal de cada individuo nos proporciona información sobre sus fortalezas y puntos de mejora. Estas 15 fortalezas se obtienen mediante el sumatorio de los resultados de conjuntos de 3 afirmaciones. (Los grupos de preguntas que permiten evaluar cada fortaleza pueden verse en la tabla 2)

Cada una de las fortalezas se evalúa mediante la siguiente escala de valores (Frank, P. y Ferras, X., 2008):

- Si la puntuación obtenida queda entre 0 y 5 el nivel de competencia o habilidad es muy baja.
- Si la puntuación se sitúa en el intervalo de 6 a 10 el nivel de competencia o habilidad es medio, pudiendo mejorar sustancialmente.
- Si el resultado queda entre 11 y 15 se trata de una fortaleza de la propia persona.

Tabla 2 – Preguntas correspondientes a cada punto fuerte o fortaleza.

Fortaleza	Preguntas a sumar para su evaluación
Tener conciencia de ser creativo	3.Soy una persona creativa 7. Me doy cuenta de que soy algo mas creativo/a que la gente que me rodea 12. En la escuela, en casa o ahora, en el trabajo siempre he sido considerado/a una persona creativa
Autoconocimiento	16. Soy consciente de mis puntos débiles y de mis puntos fuertes 20. Creo que me conozco bien a mi mismo 40. Soy consciente de hasta donde puedo llegar, conozco mis capacidades y mis limitaciones a nivel personal y profesional
Introspección y mundo interior	6. A menudo tengo conversaciones conmigo mismo/a 24. Recuerdo bien mis sueños, a veces se convierten en una certera fuente de inspiración. 25. Soy capaz de explicar con claridad mi mundo interior, hacerlo entendible para mi y en ocasiones comunicarlo a los demás.
Automotivación	2. Disfruto con mi trabajo, siento una especial motivación por todo lo que hago. 30. Cuando algo no me sale bien soy capaz de recuperarme anímicamente en muy poco tiempo. 41. Tengo siempre mucha energía y dinamismo y estoy siempre metido/a en proyectos que me ilusionan.
Curiosidad Mental	13. Me encanta viajar y observar costumbres y formas de vivir diferentes a las mías. 14. Me gusta saber cosas sobre temas diversos, más allá del trabajo cotidiano 42. Me encanta desmenuzar las cosas, ver como son por dentro, analizarlas, descubrir como funcionan...

Fortaleza	Preguntas a sumar para su evaluación
Pensamiento lógico + pensamiento lateral	21. Soy capaz de transformar una idea absurda en algo que tenga sentido. 31. Me gusta resolver mis problemas y/o generar ideas nuevas inspirándome en estímulos que no tienen nada que ver con lo que estoy haciendo. 36. Me gusta ser provocativo/a en mis planteamientos, aunque al final siempre se imponga la lógica.
Intuición + razón:	1. Al tomar decisiones me gusta combinar la intuición (el sexto sentido) con la razón. 32. A veces, o a menudo, después de pensar las cosas detenidamente, surge la solución o la respuesta a lo que estaba buscando de forma repentina. 43. Muchas veces siento que la solución a un problema pasa por mi interior, de forma emocional, y que gracias a esa sensación soy capaz de tomar decisiones.
Facilidad para la formulación de problemas y concreción de focos creativos	8. Tengo facilidad para detectar los problemas de mi entorno profesional 26. Tengo facilidad para definir claramente un objetivo y empezar a trabajar en él. 37. Tengo facilidad para convertir mis problemas en frases o formulas que permiten trabajar con mayor eficacia y concreción.
Búsqueda constante de ideas	9. Me deleito dándole vueltas a las cosas. 33. Me encanta tener muchas ideas alternativas, no suelo conformarme con lo primero que me viene a la cabeza. 44. Me encanta participar en equipos de trabajo y buscar conjuntamente ideas para cualquier tema de interés común
Actitud Transgresora	17. Me gusta pensar más allá de lo establecido, romper las normas. 22. Intento siempre ir por los caminos menos transitados, no me gusta hacer lo que todo el mundo hace. 38. Me atraen las cosas extrañas, poco accesibles, ocultas, ambiguas.

Fortaleza	Preguntas a sumar para su evaluación
Actitud Aventurera	5. Me gusta correr riesgos. 29. Me gusta experimentar cosas nuevas, aun sin saber si estoy en el buen camino o no. 45. Acostumbro a hacer cosas que no he hecho jamás anteriormente.
Liderazgo Creativo	23. Me considero un buen líder. 28. Cuando tengo una idea clara, me resulta fácil convencer a los demás, transmitirles esa convicción y arrastrarlos a la acción. 35. Me encanta apasionar a los demás y conseguir que disfruten como yo con las ideas y los proyectos.
Pensamiento Ingenio	10. Me llevo bien con los niños, me gusta compartir sus juegos y su forma de ver la vida. 18. Tengo facilidad para expresar mis ideas de forma grafica, a través de dibujos, esquemas o mapas. 39. Cuando genero ideas para algo, no me importa si aparecen cosas locas, irrealizables o absurdas.
Conocimiento de métodos creativos	11. Se como funciona un <i>brainstorming</i> y creo que podría dirigirlo perfectamente. 27. Utilizo de vez en cuando o a menudo técnicas creativas para generar ideas sobre un tema de mi interés. 34. He leído algún libro sobre técnicas de creatividad.
Conocimiento de procesos de innovación	4. Me gusta implementar las cosas y conozco sistemas y metodologías de trabajo para convertir ideas abstractas en hechos concretos. 15. He llevado a cabo personalmente (o como colaborador) alguna innovación concreta (producto, servicio, problema) con un cierto éxito. 19. Soy una persona practica, que disfruta viendo resultados concretos.

Posteriormente, en la misma sesión, se presentará el tema de la robótica con una exposición realizada por la autora de este proyecto y con el soporte de un proyector y los materiales y ejemplos de página Web oficial de Arduino (<http://www.arduino.cc/>). (Las imágenes tomadas durante la sesión de presentación se encuentran en el anexo IV del presente informe).

Se presenta también la herramienta Arduino y se explica su funcionamiento según lo expuesto en el apartado 3.1.6 del presente proyecto. Se presentan los componentes básicos, como el microprocesador, la necesidad del lenguaje de programación para establecer un código que dará las pautas al robot, el concepto de compilar y ejemplos de robots construidos mediante Arduino.

Una vez conocida la herramienta se explica paso a paso, como se construye un termómetro empleando el *Starter Kit* de Arduino (para conocer la explicación que se realizó al alumnado se puede consultar el apartado 6.1, dentro de la Propuesta Práctica).

Por falta de tiempo, la construcción no pudo realizarse *in situ* por lo que se explicaban los pasos en base al termómetro ya montado. De esta manera los alumnos podían ver cual sería de resultado de la práctica, en caso de que llegara a llevarse a cabo y conocer el guión para realizarla.

El hecho de disponer del termómetro montado permite a su vez destinar parte de la sesión a que los alumnos interactúen con el termómetro midiendo su temperatura corporal tocando el sensor de la placa y observando los resultados en la pantalla del PC al que estaba conectado el robot.

En definitiva, se expone de forma detallada al alumnado el proyecto que pretende emprender el centro para introducir la robótica en las prácticas de laboratorio de la asignatura de química.

Después de un turno de dudas y debate sobre lo expuesto, se reparte un test de motivación creado por la autora de este trabajo. Este test esta compuesto de 10 preguntas cerradas, en las que se debe de seleccionar una de las opciones que se proponían como respuestas relacionadas con lo observado y pretende saber el grado de conformidad e interés de los alumnos respecto al proyecto que se les

plantea. El test da una idea de la opinión del alumno sobre el proyecto desde la pregunta más global sobre su conocimiento de la herramienta, hasta lo más concreto, preguntándole directamente por su predisposición a participar en él (las preguntas del test pueden consultarse en el anexo V del presente volumen)

3.3. Resultados y análisis.

3.3.1. Resultados del cuestionario de creatividad personal

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las preguntas del test de creatividad respondido por la muestra de 25 alumnos.

Las tablas de resultados individuales obtenidos pueden consultarse en el anexo II.

Conciencia de ser creativo: sumatorio las puntuaciones de los ítems 3, 7 y 12.

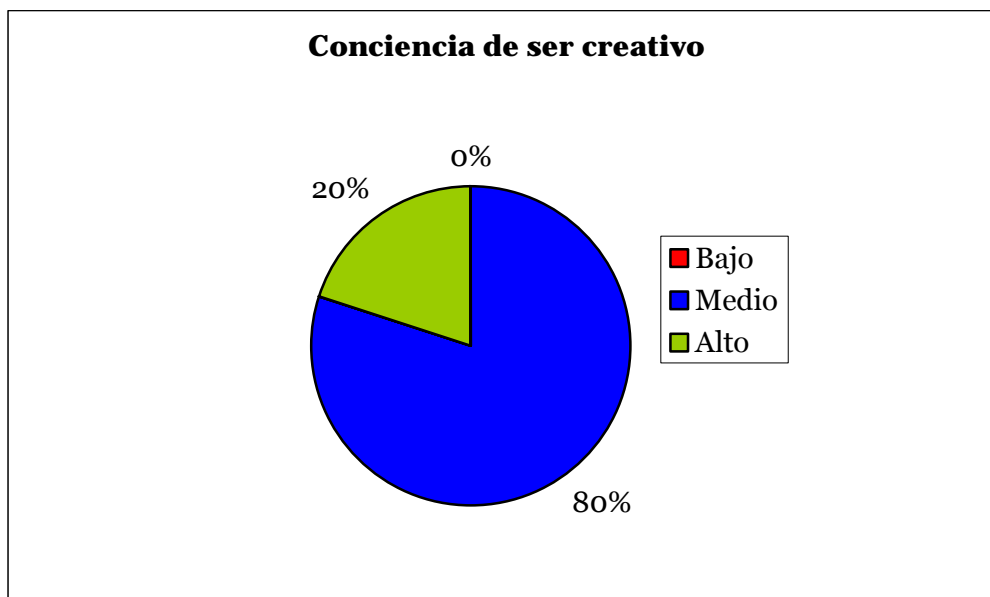


Figura 8 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 3, 7 y 12.

Según el gráfico de la figura 8 se observa que el 80% de los encuestados posee un nivel medio de conciencia de creatividad. Solo un 20% de la muestra es plenamente consciente de su creatividad. En cambio no se obtiene ningún resultado inferior a 5 por lo que toda la muestra en mayor o menor grado puede considerarse poseedora de cierta creatividad.

Autoconocimiento: sumatorio las puntuaciones de los ítems 16, 20 y 40.

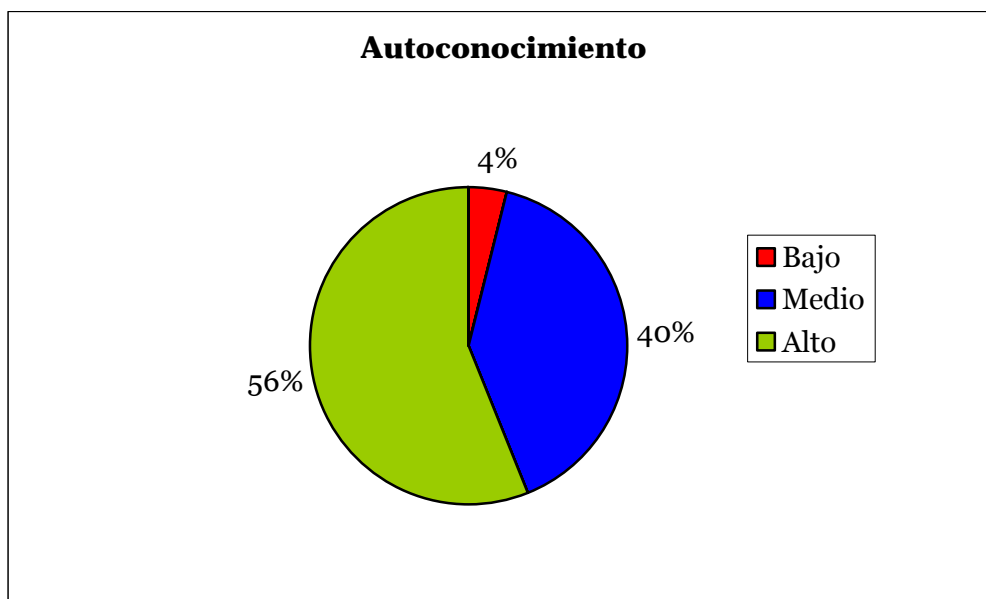


Figura 9 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 16, 20 y 40.

La muestra, tal y como se observa en la figura 9, se reparte casi en su totalidad en un autoconocimiento entre medio (40%) y alto (56%), siendo solo un 4% la que muestra unos resultados bajos de autoconocimiento.

Introspección y mundo interior: sumatorio las puntuaciones de los ítems 6, 24 y 25.

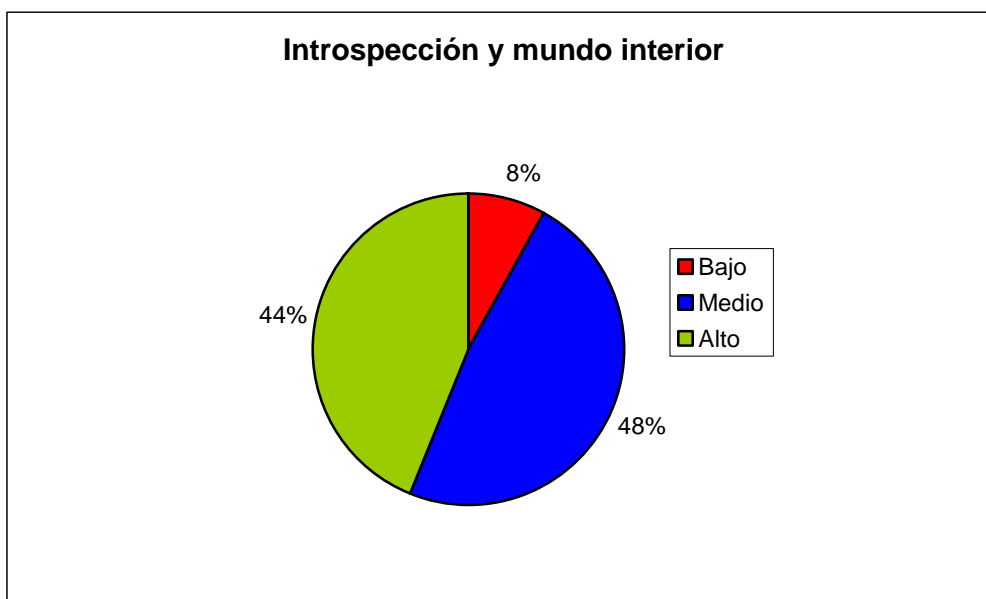


Figura 10 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 6, 24 y 25.

Según lo observado en la figura 10 se repite que el 92% de la muestra presenta un nivel entre medio y alto de retrospectión y conocimiento de su mundo interior. Mientras que un pequeño porcentaje del 8% muestra conocimientos bajos sobre si mismo.

Automotivación: sumatorio la puntuación de los ítems 2, 30 y 41.

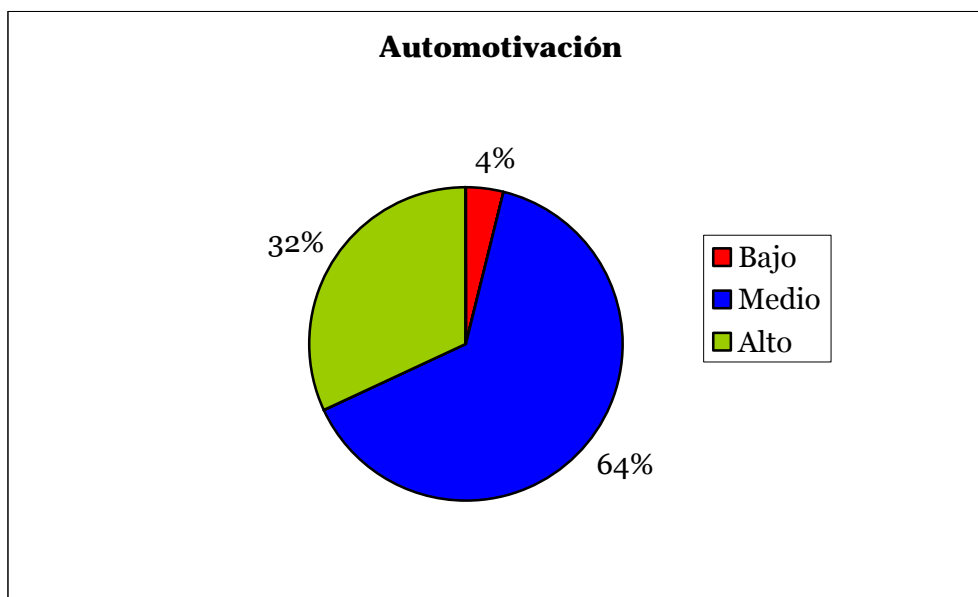


Figura 11 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 2, 30 y 41.

Según los datos de la figura 11, existe un 32% de los alumnos con un elevado grado de automotivación, mientras que la gran mayoría se sitúa en un punto medio (64%). Tan solo un alumno (4%) muestra una falta de automotivación importante que debería ser estudiada de forma individual.

Curiosidad Mental: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 13, 14 y 42.

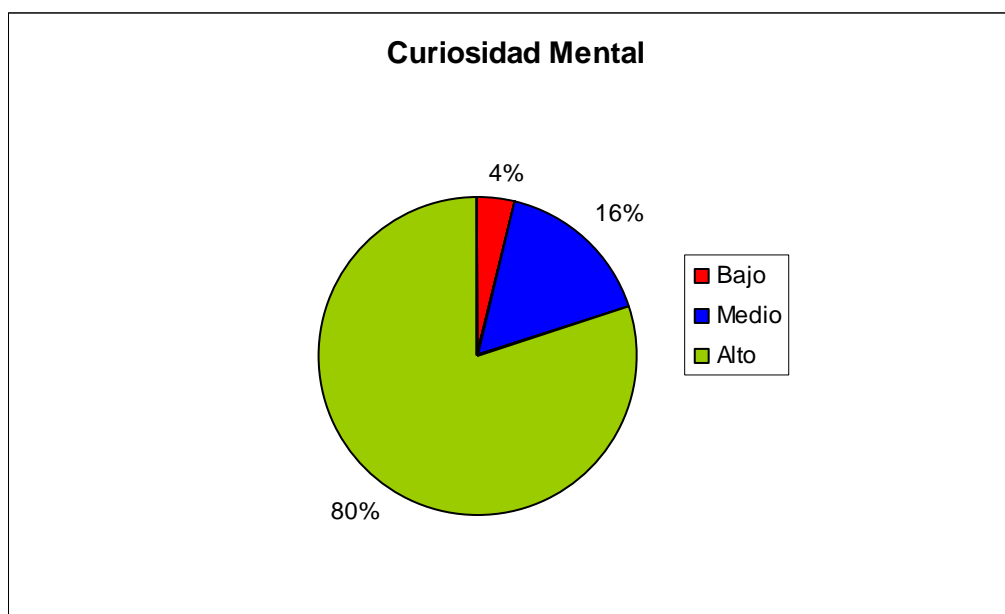


Figura 11 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 13, 14 y 42.

El resultado obtenido respecto a la curiosidad mental de la muestra (figura 11) es muy satisfactorio puesto que el 80% obtiene una calificación alta para esta habilidad pudiéndose calificar como fortaleza. Un 16% presenta niveles medios y se repite un solo caso en el que la curiosidad mental es muy baja.

Pensamiento lógico y pensamiento lateral: sumatorio las puntuaciones de los ítems 21, 31 y 36.

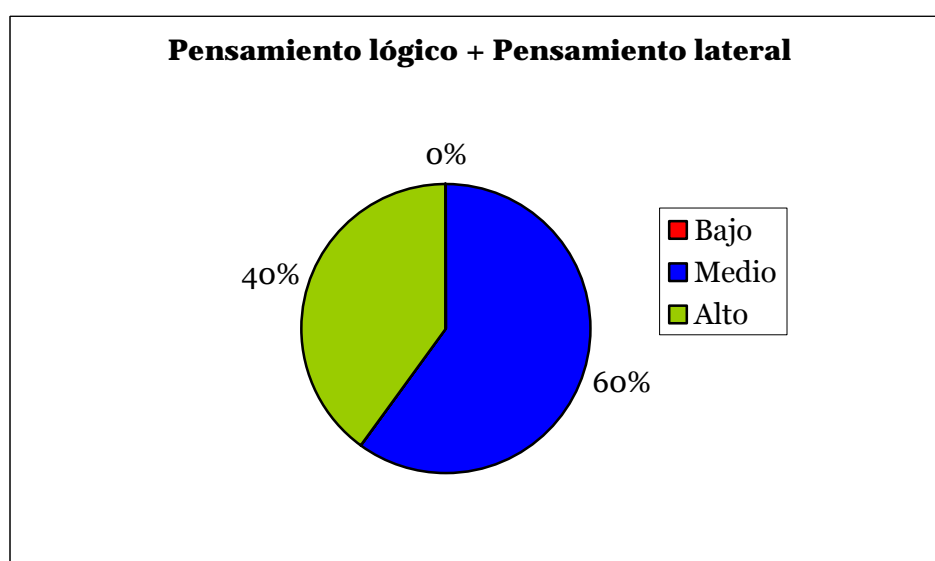


Figura 12 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 21, 31 y 36.

Los resultados obtenidos para el tipo de pensamiento de los alumnos también son muy satisfactorios puesto que el 100% de ellos posee un nivel medio o alto de capacidad para resolver problemas. El pensamiento lógico y lateral implica el uso de patrones ya conocidos o bien la exploración de nuevos caminos para resolver situaciones desconocidas (De Bono, E. 2006).

Intuición + razón: sumatorio las puntuaciones de los ítems 1, 32 y 43.

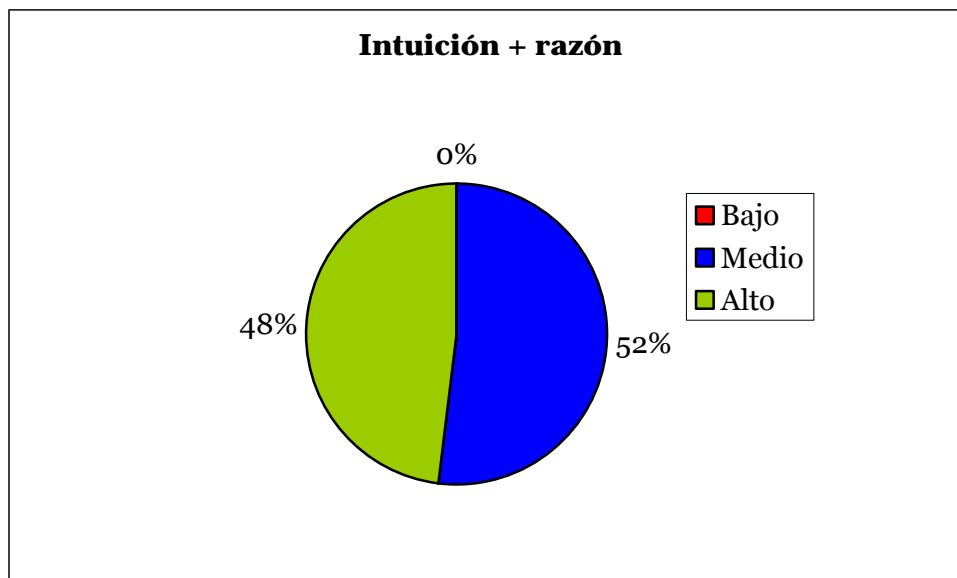


Figura 13 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 1, 32 y 43.

El 100% de la muestra analizada (ver figura 13) presenta un buen nivel de intuición y razón medio-alto, que la dota de características idóneas para aprender mediante la experimentación usando el método científico ya que éste se apoya en dichas virtudes.

**Facilidad para la formulación de problemas y concreción de focos creativos:
sumatorio de las puntuaciones de los ítems 8, 26 y 37.**

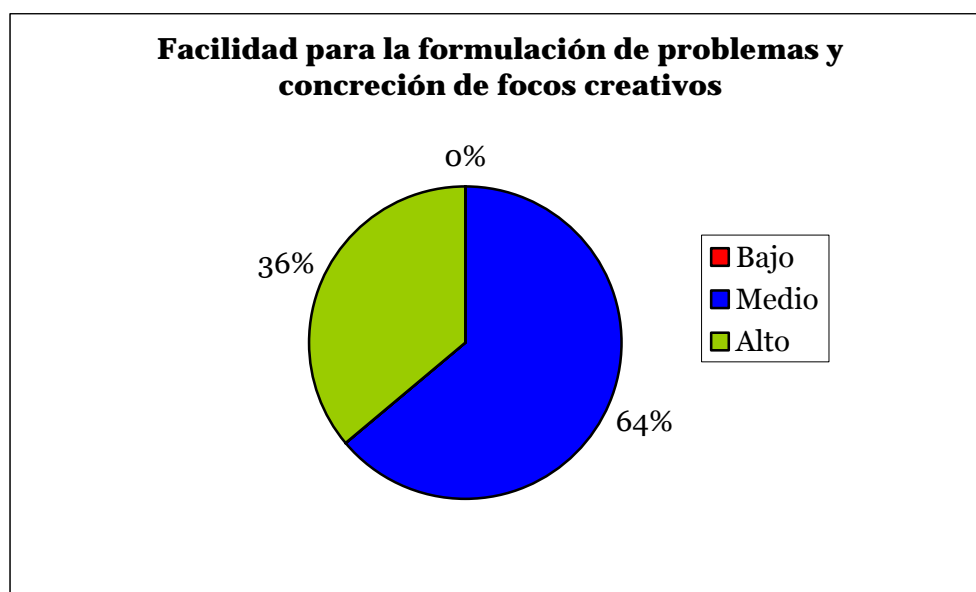


Figura 14 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 8, 26 y 37.

Según los resultados obtenidos de la muestra, los porcentajes obtenidos en la figura 14 muestran que existe una facilidad entre media y alta, predominando en este caso la media, para la formulación de problemas y concreción de focos creativos.

**Búsqueda constante de ideas: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 9, 33
y 44.**

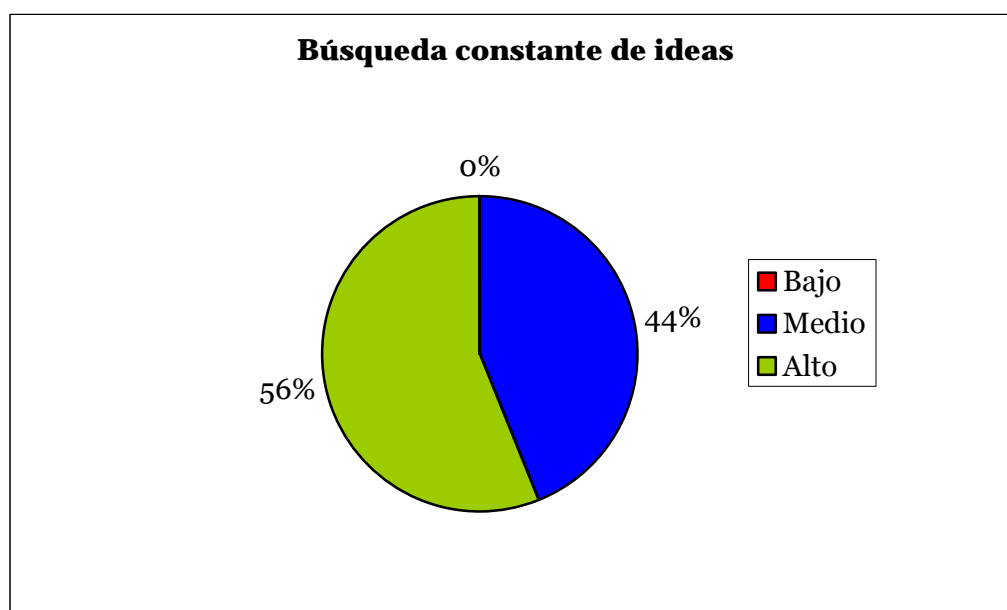


Figura 15 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 9, 33 y 44.

Los resultados obtenidos en el apartado de “Búsqueda constante de ideas” (figura 15) muestran que el 100% de los alumnos tiene una capacidad media o alta para contemplar nuevas ideas, característica que puede asociarse a una elevada capacidad de racionamiento, autorreflexión, de creatividad y para adquirir y aplicar el intelecto (Fernández Cepedal, J.M., 1976).

Actitud transgresora: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 17, 22 y 38.

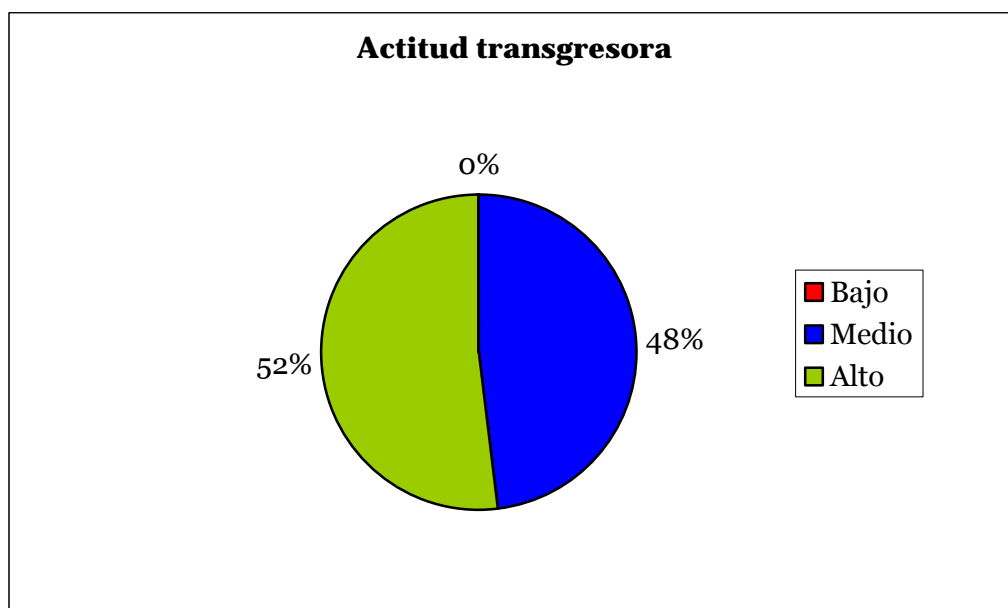


Figura 16 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 17, 22 y 38.

De la figura 16 se puede extraer que el nivel de actitud transgresora, que en este caso no hace referencia la tendencia delictiva sino a la propensión del alumno para seguir sus propias reglas y no siempre recetas preestablecidas, se sitúa entre medio y alto. El hecho de mostrar esta actitud hace que el alumno prefiera crear su propio proceso para llegar a un objetivo en vez de seguir una pauta preestablecida (Frank, P. y Ferras, X. ,2008).

Actitud Aventurera: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 5, 29 y 45.

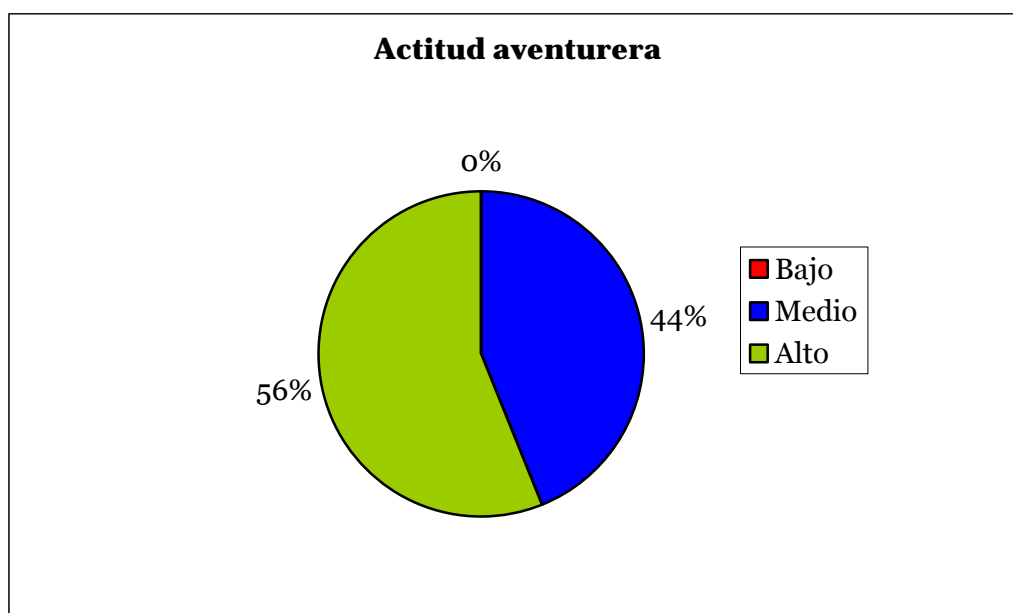


Figura 17 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 5, 29 y 45.

Si comparamos los resultados obtenidos en esta habilidad o competencia (figura 17) con los del gráfico anterior (figura 16) y a partir de los datos individuales de los cuestionarios (anexo I) podemos extraer que existe una correspondencia entre ambas. Es decir, puede considerarse que aquel alumno que es transgresor es a su vez aventurero y propicio a aceptar nuevos retos.

Liderazgo Creativo: sumatorio la puntuaciones de los ítems 23, 28 y 35.

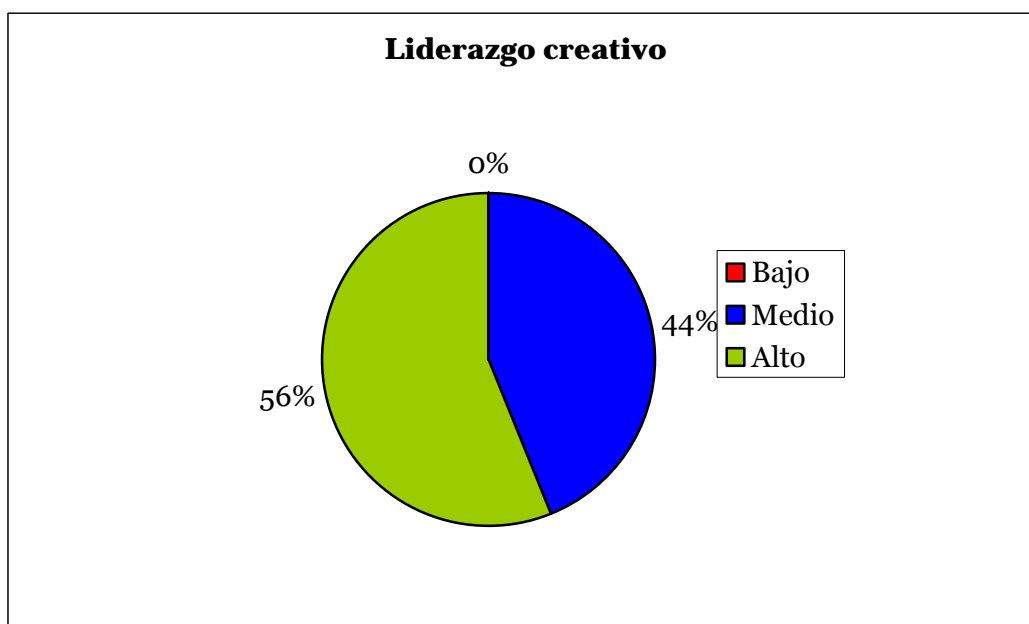


Figura 18 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 23, 28 y 35.

Según los datos obtenidos para el liderazgo creativo de la figura 18 podemos extraer, por la coincidencia entre porcentajes de los datos individuales, que las actitudes transgresoras y aventureras conllevan a la persona a actuar como líder creativo ante una idea convenciendo a los demás, transmitiéndola y arrastrándoles a la acción para ponerla en marcha (Frank, P. y Ferras, X., 2008).

Pensamiento Ingenio: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 10, 18 y 39.

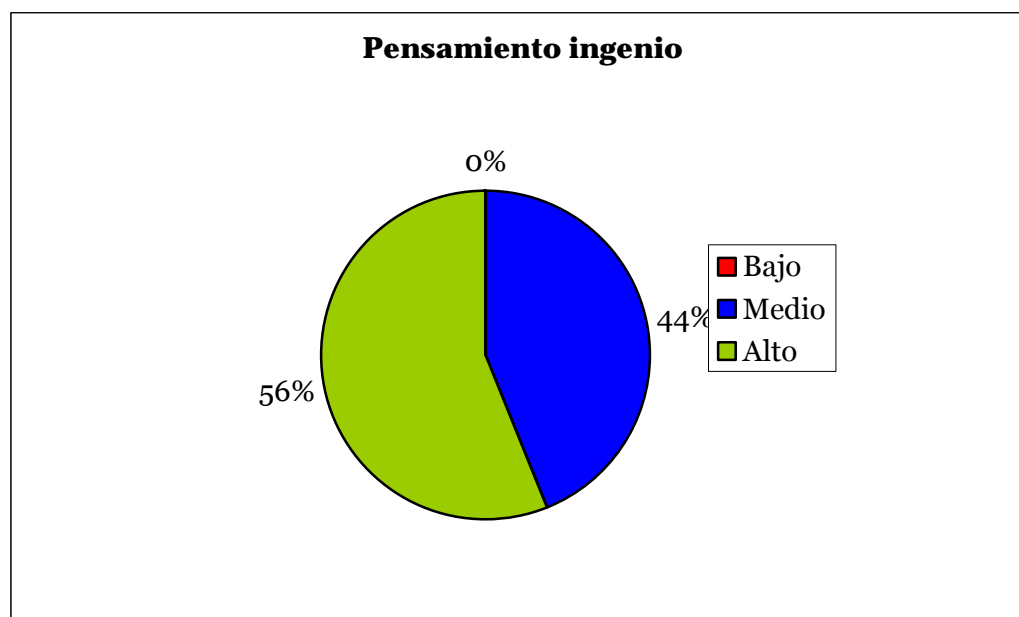


Figura 19 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 10, 18 y 39.

Es observable que la posesión de un pensamiento ingenioso (figura 19) puede relacionarse por correspondencia con los resultados, con la posesión de una actitud transgresora (figura 16) y aventurera (figura 17), así como la posesión de liderazgo creativo (figura 18). Es decir, que ambas actitudes ante los nuevos retos e ideas y su entrenamiento generan, según lo visto, personas con capacidad de liderazgo creativo y con ingenio.

Conocimiento de métodos creativos: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 11, 27 y 34.

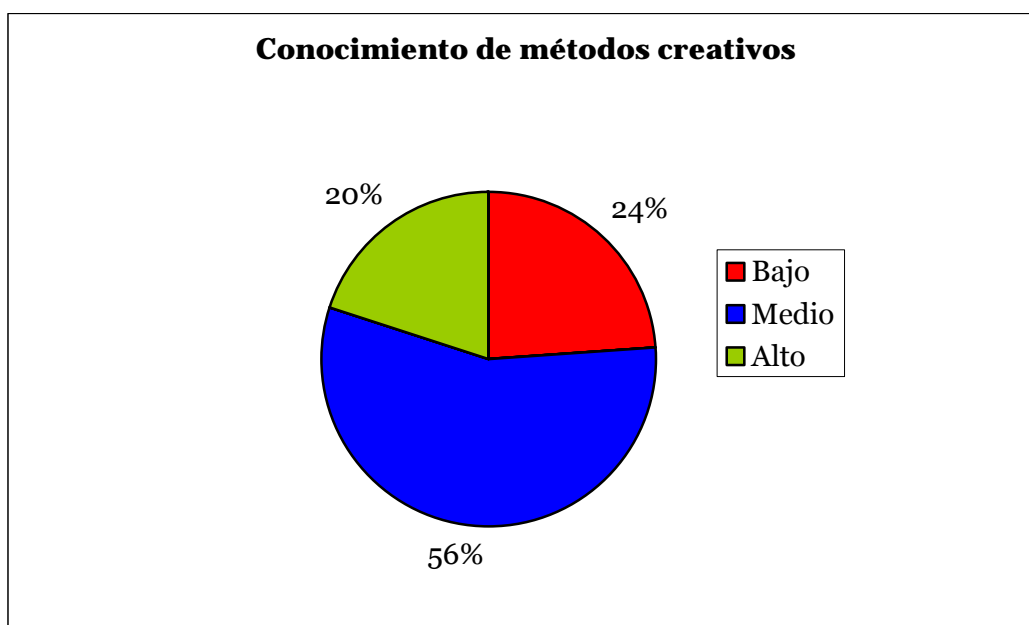


Figura 20 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 11, 27 y 34.

De los resultados vistos hasta el momento el conocimiento de métodos creativos de la figura 20 es el que obtiene un mayor porcentaje de alumnos con nivel bajo. Podemos decir que la muestra no es consciente de los métodos que existen para fomentar la creatividad en un 24%. El 56% considera que tiene un conocimiento medio y un 20% afirma tener un nivel alto sobre estos conocimientos.

De ello podemos extraer la importancia de la enseñanza de estos métodos ya que según los resultados, los alumnos están capacitados para aumentar su creatividad pero les faltan herramientas.

Conocimiento de procesos de innovación: sumatorio de las puntuaciones de los ítems 4, 15 y 19.

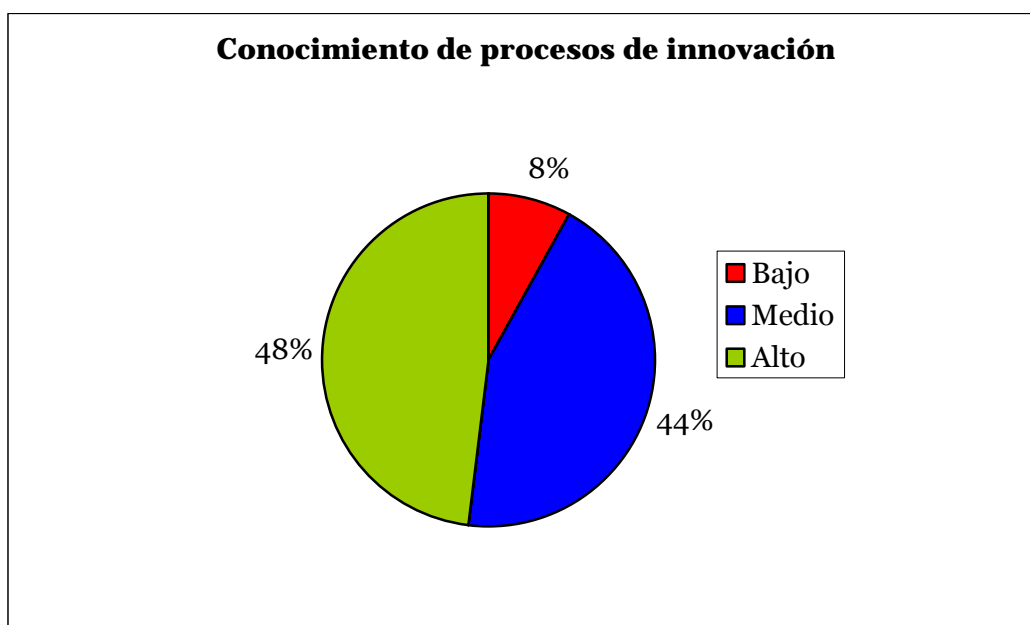


Figura 21 – Porcentajes del sumatorio de los ítems 4, 15 y 19.

Por lo general (en un 98%) y según lo observable en la figura 21, se puede afirmar que la muestra se considera con recursos para convertir ideas abstractas en hechos concretos. Dicen haber participado en proyectos de innovación, se consideran personas prácticas y que encuentran un grado importante de satisfacción en la visión de resultados concretos de dichos proyectos (Frank, P. y Ferras, X., 2008).

De un primer análisis del cuestionario se extrae que los alumnos poseen las cualidades idóneas para aprender e introducirse en el mundo de la robótica ya que ésta implica la predisposición y capacidades en las que se han obtenido unos resultados, excepto en casos puntuales, medios o altos.

El sumatorio de todas las respuestas (tabla 3, anexo II) indica la puntuación general que, a grandes rasgos, y como ya se ha comentado, puede valorarse a través de la siguiente escala:

- Puntuación de 45 a 90: nivel muy bajo de creatividad personal.
- Puntuación de 90 a 135: nivel bajo-medio.
- Puntuación de 135: media.
- Puntuación de 135 a 180: nivel medio-alto.
- Puntuación de 180 a 225: nivel alto.

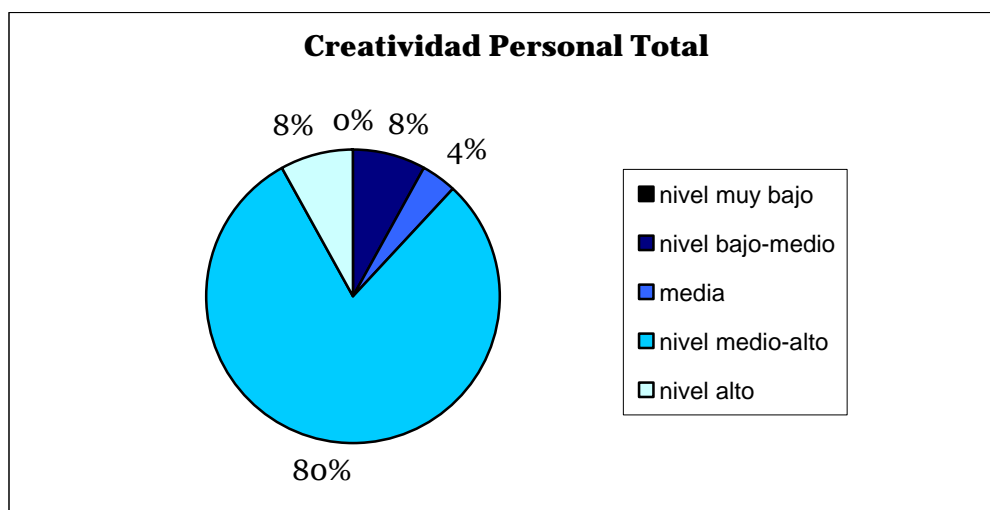


Figura 22 – Porcentajes de los niveles de creatividad personal.

Si se observa la figura 22, se puede afirmar por lo tanto, que el nivel de creatividad del aula es, en su mayor parte (80%), medio-alto. Eso no significa que no pueda mejorarse reforzando cada una de las características que se han analizado en éste apartado y utilizando para ello herramientas como Arduino.

3.3.2. Análisis del test de motivación

A continuación se presentan los resultados del test de motivación. Los resultados individuales para cada test así como los cálculos realizados se encuentran en el anexo IV.

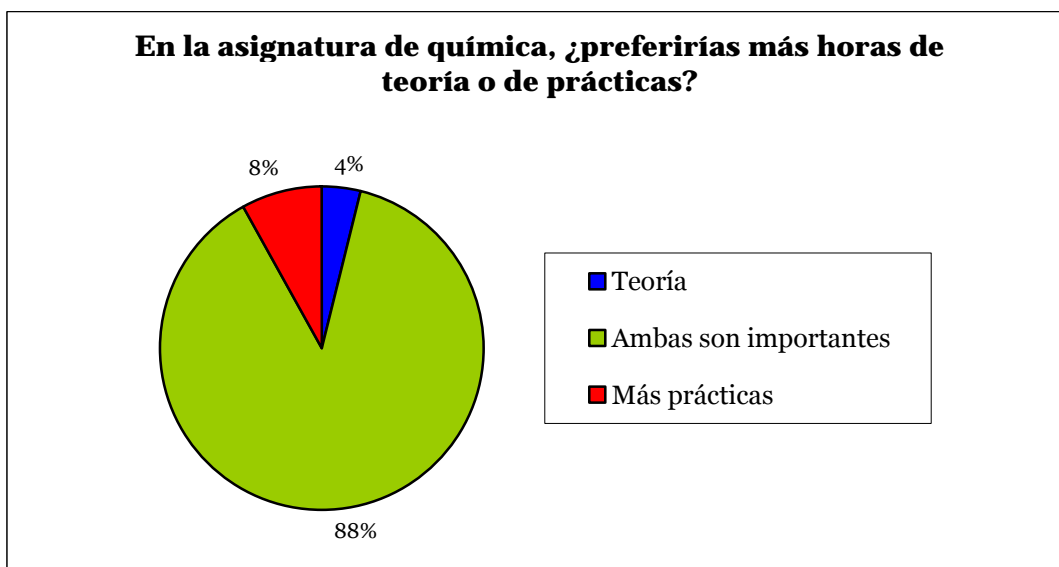


Figura 23 – Porcentajes pregunta 1.

La primera pregunta que se realizó fue en referencia a las horas dedicadas a teoría y práctica en Química, encontrándose que un 88% de la muestra (figura 23) considera que la parte teórica es igual de importante que la parte práctica de la asignatura. Solo se observan casos aislados en los que se preferirían más horas de teoría (4%, es decir 1 alumno) y otros que preferirían más horas de prácticas que las que realizan actualmente (2 horas semanales). La introducción de la robótica implicaría optimizar o alargar la duración de las prácticas por lo que debería contemplarse a la hora de programar la asignatura. Ésta debería contener las horas teóricas suficientes que el alumnado pueda necesitar y no ampliar horas de práctica sacrificando horas de teoría.

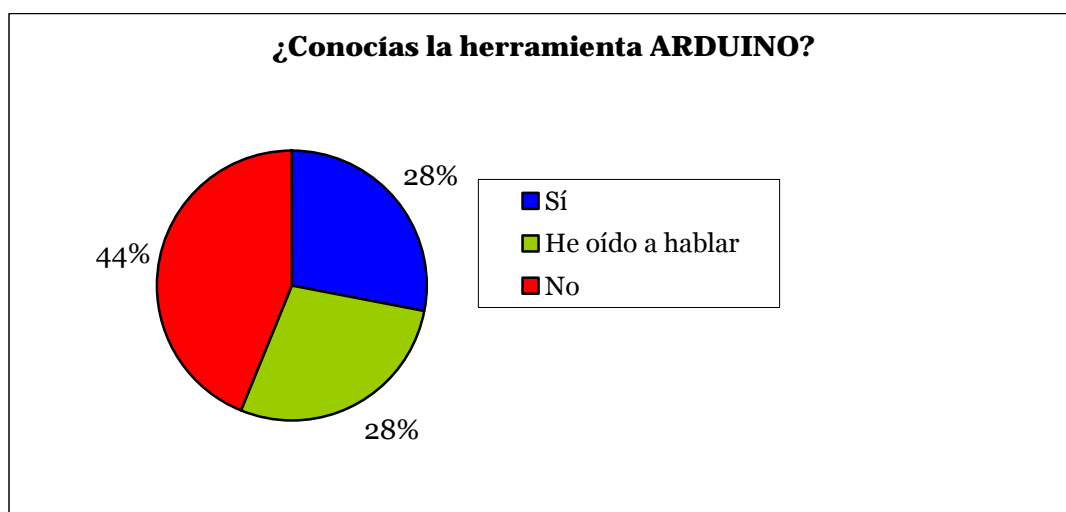


Figura 24 – Porcentajes pregunta 2.

Según los datos observables en la figura 24, la mitad de la muestra aproximadamente (56%) había oído a hablar de la herramienta previamente a la sesión mientras que la otra mitad (44%) la desconocía por completo.

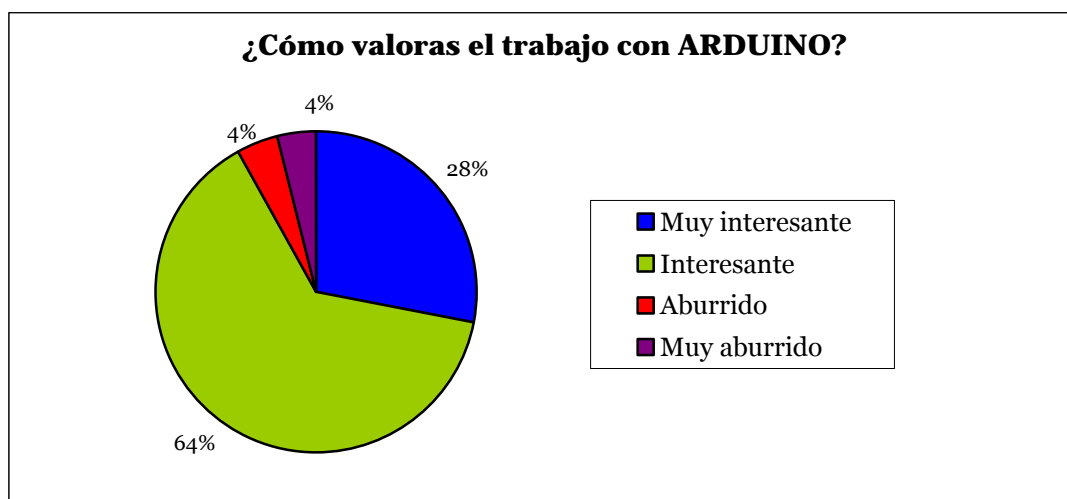


Figura 25 – Porcentajes pregunta 3.

Si se analiza la figura 25 casi la totalidad de los alumnos siente interés y valora la sesión positivamente así como la propuesta de trabajo. Existen dos casos aislados (8%) en los que la herramienta no despertó atracción.

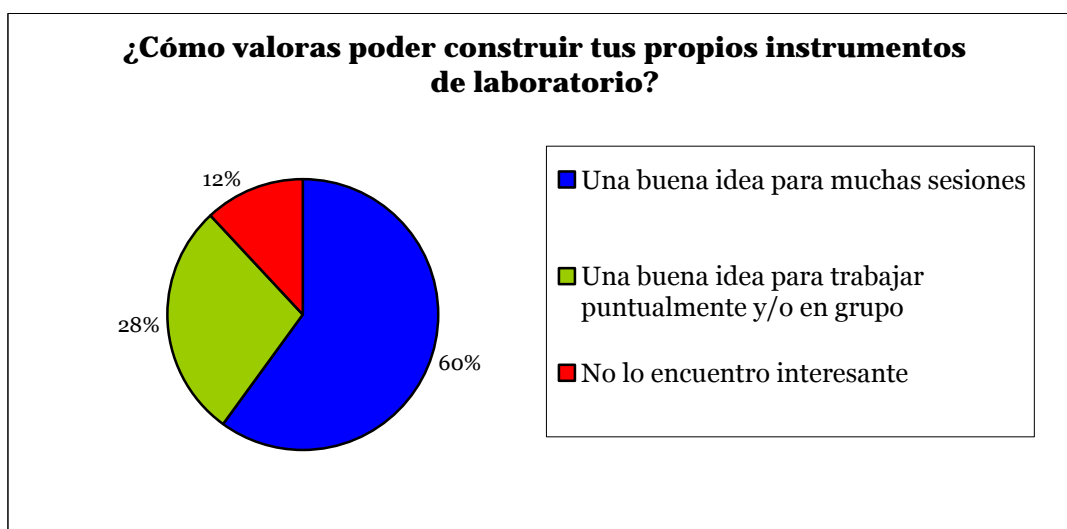


Figura 26 – Porcentajes pregunta 4.

Podemos extraer, según los datos obtenidos en la figura 26, que el 60% de la muestra aplicaría la robótica en muchas de las sesiones de prácticas de laboratorio de la asignatura de química, construyendo dentro de sus posibilidades el mayor número de instrumentos posibles. Hay un 28% de la muestra que presenta interés por el proyecto siendo una oportunidad más para trabajar en grupo, pero opina que la introducción de la robótica en las prácticas debería ser moderada.

Un pequeño porcentaje de 3 alumnos (12%) no encuentra interesante aplicar la robótica a las prácticas de laboratorio de la asignatura de química.

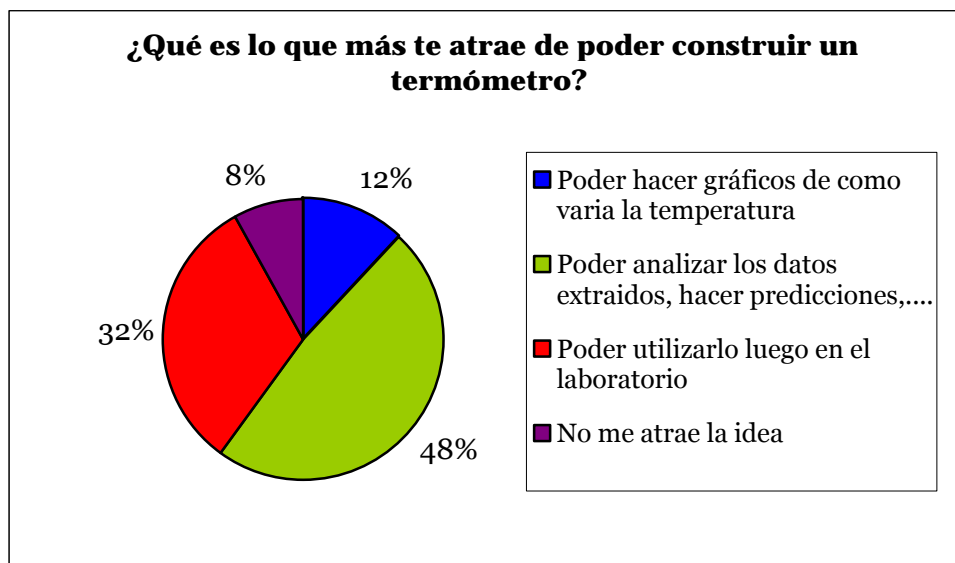


Figura 27 – Porcentajes pregunta 5.

Los resultados de la figura 27 muestran que casi el 50% de la muestra se siente atraída por la construcción de su propio termómetro para recopilar los datos en pantalla y poder analizarlos directamente sin necesidad de tomar notas. Un 32% valora más el hecho de poder emplear la herramienta en otras prácticas de forma que ellos mismos sean los autores de sus instrumentos de diseño. Un 12% focaliza su interés en la posibilidad de programar el termómetro para la realización automática de gráficos de evolución de la temperatura. También se extrae a partir de las respuestas individuales y los porcentajes de las figuras 25 y 27 que, obviamente, aquellos alumnos que no están interesados en la herramienta no se sienten atraídos por la propuesta de utilización de ésta en el laboratorio.

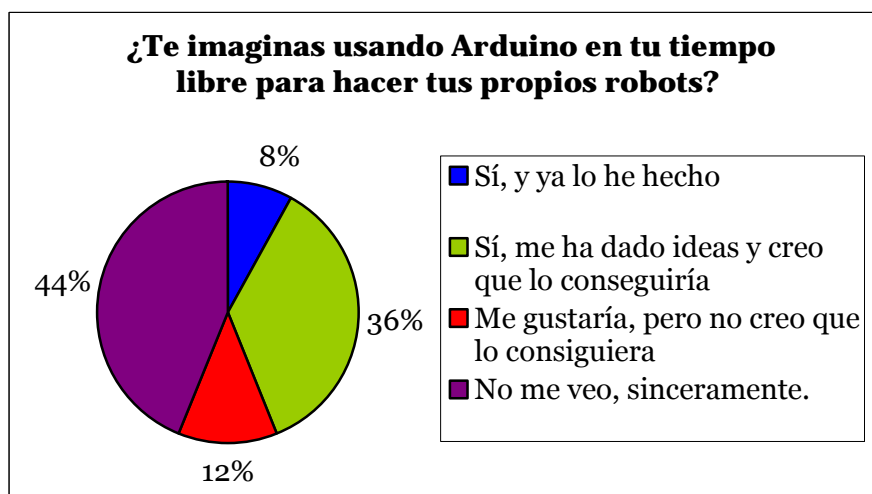


Figura 28 – Porcentajes pregunta 6.

A la pregunta de si los alumnos emplearían parte de su tiempo libre aprendiendo a programar y creando robots por su propia cuenta, los resultados (figura 28) muestran que un 44% no lo haría. Un 12% se muestra predispuesto y con interés a indagar por su cuenta en la robótica pero no tienen buenas expectativas por lo que hace a los resultados y piensan que no lo lograrían. Un 36% en cambio si que invertiría tiempo libre en ello y además muestran confianza en que lograrían resultados positivos. Un 8% ya ha utilizado la herramienta, por lo tanto ya la conocía y por iniciativa propia han realizado proyectos de robótica.

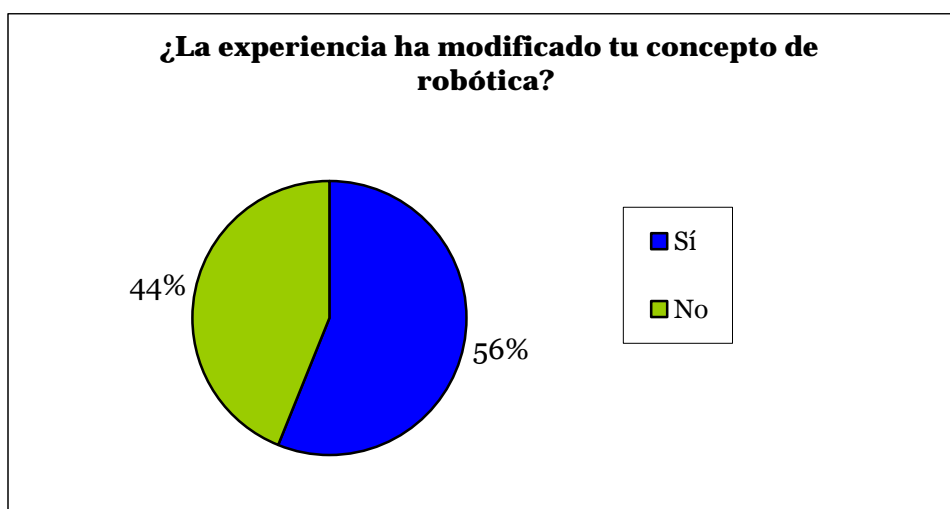


Figura 29 – Porcentajes pregunta 7.

Los resultados (figura 29) muestran que la sesión teórica y la demostración realizada en el aula cambiaron la idea de robótica que tenía el 56% de la muestra, es decir, vieron modificadas las ideas previas que tenían respecto a la temática.

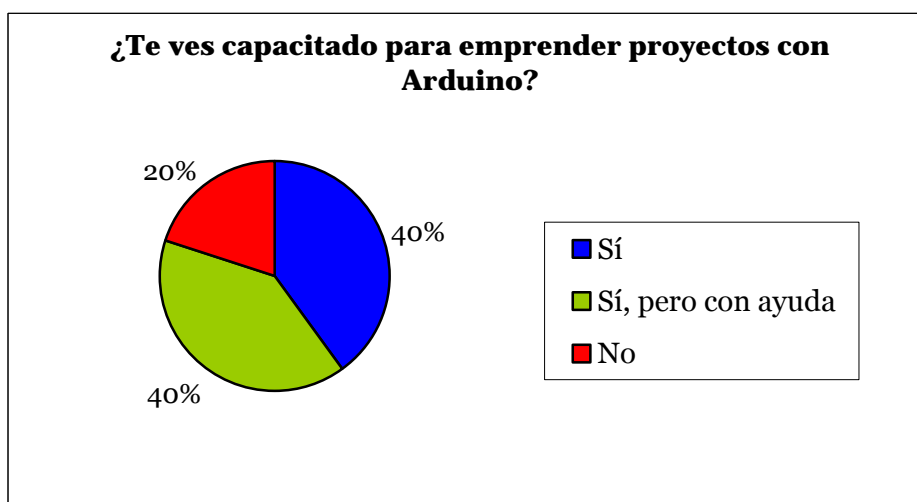


Figura 30 – Porcentajes pregunta 8.

La figura 30 nos indica que el porcentaje de alumnos que realizaron el test y afirma tener las capacidades y conocimientos o herramientas para afrontar un proyecto de robótica (40%), la mitad de éstos de forma autónoma y el otro con algún tipo de ayuda. El 20% restante no se ve capaz de emprender un proyecto empleando Arduino por su cuenta.

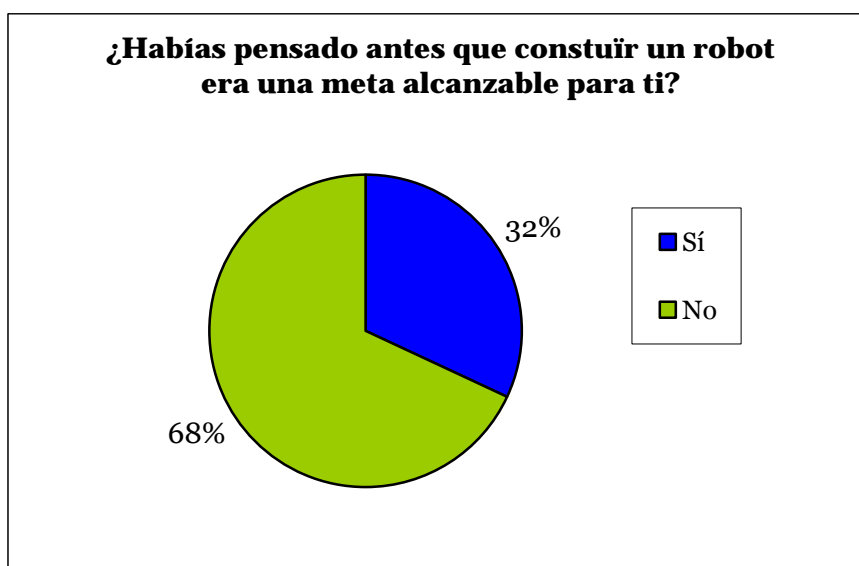


Figura 31 – Porcentajes pregunta 9.

Según los datos extraídos de la figura 31, casi un 70% de los alumnos no había contemplado nunca la posibilidad de construir un robot, de que el desarrollo de una de estas máquinas quedara dentro de su alcance. Por el contrario un 30 % no había descartado esa posibilidad. Aún y ser un porcentaje bajo, es concordante con sus fortalezas, sobretodo con la actitud aventurera, que algunos alumnos declaren verse capaces de alcanzar una meta que en un primer momento puede parecer inalcanzable si no se tienen los conocimientos previos. Es positivo en cuanto al éxito de la modificación experimental (*thinkering*), que algunos de ellos no descarten la idea de llegar a crear algo partiendo del desconocimiento de lo que se está haciendo, simplemente experimentando.

El resultado es coherente también con su elevado nivel de creatividad personal, ya que esta implica no delimitar las capacidades de uno mismo.

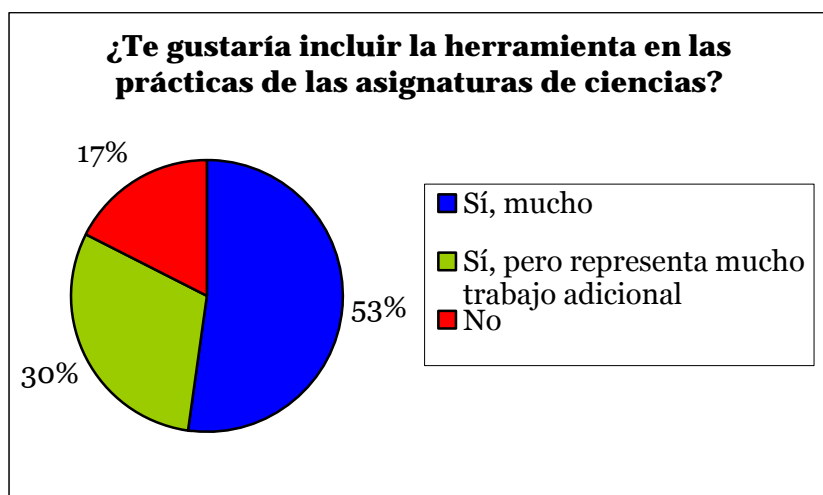


Figura 31 – Porcentajes pregunta 10.

Por último se preguntó directamente a los alumnos por su interés en introducir la robótica empleando Arduino en las prácticas de laboratorio de la asignatura de química (y posteriormente a otras asignaturas de ciencias). Los resultados (figura 31) muestran que más de la mitad desearían participar en la experiencia y que la robótica pasara a formar parte del currículo de bachillerato. Existe un 30% de la muestra que también desearían participar en la experiencia pero opinan que según su punto de vista eso implicaría un aumento significativo de la carga de trabajo. Un no poco significativo 17% no desearía incluir esa nueva metodología de aprendizaje en su formación.

Por lo general la respuesta del alumnado al proyecto que les presenta el centro es positiva. Sus cualidades parecen ser las idóneas para introducir la robótica y experimentar con ella, pero ante las preguntas directas de trabajar la robótica junto a la química parece haber cierto temor a incrementar la carga lectiva de la asignatura. Cabe destacar que en el bachillerato de ciencias la química ya constituye una asignatura con gran cantidad de contenidos, muchos de ellos nuevos por completo, por ello podría entenderse cierto temor por parte del alumno a que esto repercutiera en su evaluación. Es decir, el alumno parece predispuesto a aprender robótica y muestra interés por ello, pero muestra cierta desconfianza en que no dificulte más una asignatura que ya se por sí se considera ardua.

4. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después del análisis realizado se ha observado que el proyecto sería viable desde el punto de vista del centro, dados los requerimientos económicos de su aplicación y las posibles aportaciones y enriquecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje que comportaría.

Parece ser que, dado el estudio relativamente superficial que se ha realizado y en base a experiencias aplicadas a otros centros y los resultados obtenidos (Balcells-Camps, I., 2012) (Pittí Patiño, K. et al., 2010) los resultados en cuanto al incremento de la creatividad y el fomento de trabajo en equipo, tendrían expectativas positivas.

Además, los resultados muestran que en su mayoría los alumnos estarían predispuestos a aprender mediante la nueva herramienta a pesar de que un 30% de éstos considera que implicaría una carga excesiva de trabajo adicional. Eso puede ser debido al desconocimiento del lenguaje de programación empleado, pero podría dividirse el aprendizaje incluyéndolo en la programación de varias asignaturas (tecnología, ciencias del mundo contemporáneo o realizar algún seminario). De esta manera se conseguiría que la programación fuera un contenido transversal y de aprendizaje progresivo y ameno, además de mostrar a los alumnos las múltiples aplicaciones que tiene en distintos campos de la ciencia.

El análisis de los puntos fuertes y habilidades de los alumnos, como pueden ser su actitud transgresora, aventurera o el uso del pensamiento lógico y lateral también muestran resultados que hacen pensar en el éxito que podría tener el proyecto. Se trata de una muestra pequeña por lo que deberían recopilarse datos de otras muestras para verificar de forma más fiable los resultados. Pero con los resultados de los que se dispone se puede afirmar que los alumnos de 1º de bachillerato tienen una personalidad creativa, iniciativa de liderazgo, actitud aventurera y en general, curiosidad por las metodologías de aprendizaje diferentes y novedosas.

Debe tenerse en cuenta que el currículo de bachillerato queda muy condicionado a las pruebas de selectividad y normalmente ya implica tener que cargar las programaciones con una gran cantidad de contenidos imprescindibles para éstas. Pero la gran mayoría de los alumnos que muestran algún tipo de reticencia al proyecto no han tenido ningún contacto previo con la robótica y la programación, en cambio aquellos que ya han

experimentado en este campo muestran un gran interés en implantarlo. Y es que el aprendizaje de la programación implica un esfuerzo inicial para comprender los conceptos básicos pero luego resulta muy intuitivo y lógico, y solo requiere práctica y paciencia, pero no estudio. Ahora bien, debería trabajarse en la motivación e incentivar que experimentaran con estas herramientas fuera del centro. Debería realizarse quizás una sesión en la que se mostraran tutoriales y vídeos de la infinidad de posibilidades que ofrece la robótica. Hubiera sido positivo incluir esos tutoriales o ejemplos en la sesión inicial, ya que a pesar de que no se dispuso del tiempo suficiente, con la simple demostración de un ejemplo de aplicación ya se hizo cambiar el concepto de robótica que muchos contemplaban como algo inalcanzable y despertar el interés por el tema.

También hubiera sido interesante poder ampliar el cuestionario de motivación con algunas preguntas abiertas sobre los aspectos en que se ha visto modificado su concepto de robótica después de la sesión introductoria o el porque consideran que la introducción de esta herramienta de aprendizaje comportaría un exceso de trabajo. Quizás de esta manera podría justificarse la primera impresión que da el grupo en cuanto a creatividad y cualidades para realizar el proyecto con éxito pero a su vez las reticencias para incluir la robótica en la materia de química. Podría haberse propuesto quizás que la robótica no formara, parte en un principio, de dicha materia y ofrecerla como actividad extraescolar. De ésta manera podría comprobarse si existe cierto temor a que incremente la dificultad de la materia.

Para poder definir aún más la viabilidad del proyecto debería haberse realizado un cuestionario entre el profesorado dado que su opinión y predisposición serían vitales para el éxito del proceso. Además, la introducción de la robótica en ciertas materias vería modificada su programación y su vez la temporización. No se ha tenido en cuenta que éste último factor es, normalmente, el factor limitante en la introducción de nuevas metodologías. Así como la formación del profesorado en cuestión de robótica. Un análisis más profundo de su grado de motivación hubiera sido importante para concretar la viabilidad del proyecto.

5. PRÁCTICA PROPUESTA.

Dado que la viabilidad del proyecto es positiva se propone en el siguiente apartado el material creado para el alumno y la puesta en marcha del proceso. En un primer subapartado se presenta el guión para la construcción de un termómetro mediante la herramienta Arduino y posteriormente su uso en una práctica de laboratorio correspondiente al currículo de 1º de bachillerato.

5.1. Construcción de un termómetro mediante Arduino

Al ser un proyecto de iniciación, el proceso de construcción del termómetro puede extraerse del manual que proporciona el Starter Kit de Arduino. Un paquete con el material suficiente para realizar 14 proyectos básicos para introducirse en el mundo de la robótica y el montaje de circuitos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- En primer lugar debe recopilarse el material necesario y descargar instalar el software IDE (gratuito en el sitio Web de Arduino).

Las piezas necesarias para el montaje del termómetro son: 3 leds, 3 resistencias de 220 Ohm, un sensor de temperatura, la placa Arduino UNO, una *protoboard o breadboard* (panel para el diseño de circuitos), *jumpers* (conectores de componentes) y el cable USB que permite conectar la placa al ordenador y cargar en ella el programa una vez escrito en lenguaje C.

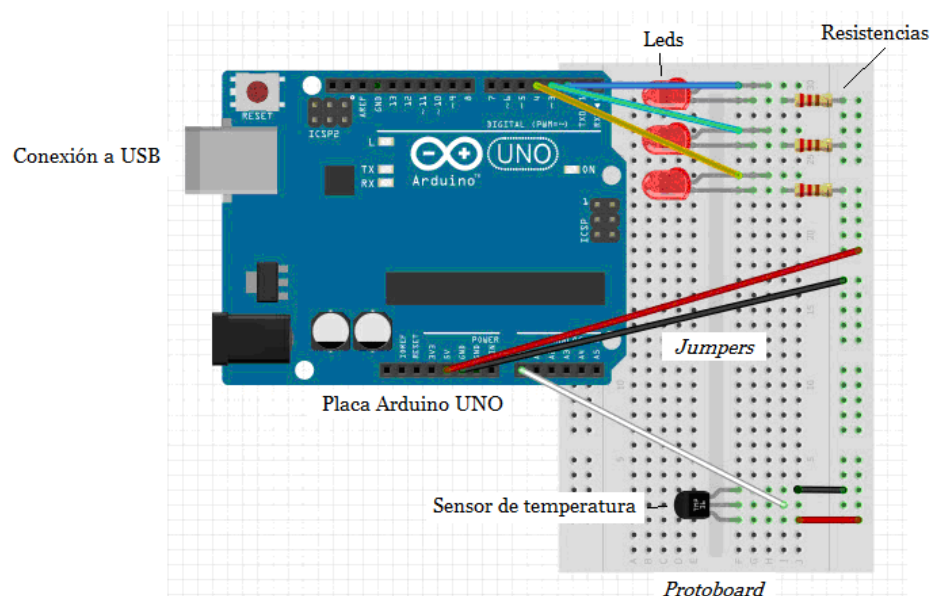


Figura 32 – Esquema del montaje a realizar

- El sensor de temperatura analógico produce un valor entero. En su código, puede asignar el valor del sensor a una tensión, que a su vez está asignada a una temperatura. Cada señal del sensor es de 0,5 ° C.

- Se escribe el código siguiente en el software Arduino IDE:



```
TERMOMETRE_1 | Arduino 1.0.5-r2
Fixer Edita Sketch Eines Ajuda

TERMOMETRE_1
const int sensorPin = A0;
const float baselineTemp = 20.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //open a serial port
  for(int pinNumber = 2; pinNumber<5; pinNumber++){
    pinMode(pinNumber, OUTPUT);
    digitalWrite(pinNumber, LOW);
  }
}

void loop () {
  int sensorVal = analogRead (sensorPin);
  Serial.print ("Valor de Temperatura: ");
  Serial.print(sensorVal);
  //convert de ADC reading to voltage
  float voltage = sensorVal/1024.0 * 5.0;
  Serial.print(" , Voltatge: ");
  Serial.print(voltage);
  Serial.print(" , graus C: ");
  //convert the voltage to temperature in degrees
  float temperature = (voltage - .5) * 100;
  Serial.print(temperature);

  if(temperature < baselineTemp){
    digitalWrite (2, LOW);
    digitalWrite (3, LOW);
    digitalWrite (4, LOW);
  }else if(temperature >= baselineTemp+2 && temperature < baselineTemp+4){

float voltage = sensorVal/1024.0 * 5.0;
Serial.print(" , Voltatge: ");
Serial.print(voltage);
Serial.print(" , graus C: ");
//convert the voltage to temperature in degrees
float temperature = (voltage - .5) * 100;
Serial.print(temperature);

if(temperature < baselineTemp){
  digitalWrite (2, LOW);
  digitalWrite (3, LOW);
  digitalWrite (4, LOW);
}else if(temperature >= baselineTemp+2 && temperature < baselineTemp+4){
  digitalWrite (2, HIGH);
  digitalWrite (3, LOW);
  digitalWrite (4, LOW);
}else if(temperature >= baselineTemp+4 && temperature < baselineTemp+6){
  digitalWrite (2, HIGH);
  digitalWrite (3, HIGH);
  digitalWrite (4, LOW);
}else if(temperature >= baselineTemp+6) {
  digitalWrite (2, HIGH);
  digitalWrite (3, HIGH);
  digitalWrite (4, HIGH);
}
  delay(1);
}
```

Figura 33 – Código de programación del termómetro

- Cargar el programa en la placa conectando el cable USB.
- Compilar el programa mediante el botón “serial monitor”

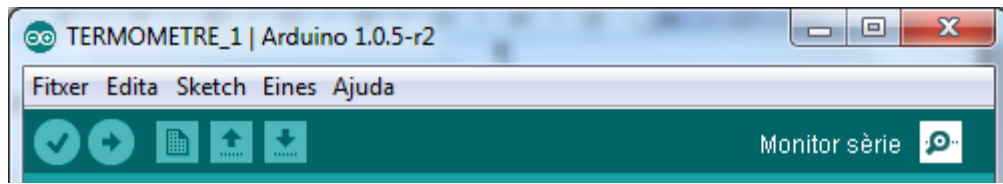


Figura 34 – Botón monitor serie para el inicio de la lectura (compilación) del programa.

- Poner en contacto el sensor de temperatura con aquel objeto del cual se quiere medir esa propiedad y leer los resultados en la pantalla del software.

```
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 152, voltage: 0.74, temp: 24.22
sensor value: 153, voltage: 0.75, temp: 24.71
```

Figura 35 – Lecturas del sensor de temperatura.

Una vez los resultados se estabilizan puede anotarse la temperatura del sensor. Ese dato corresponde a la temperatura del objeto con el que esta en contacto.

Se recomienda que previamente al uso del termómetro por primera vez se realicen pruebas de calibración con patrones de los cuales se conozca la temperatura, o con la comparación del los datos obtenidos por la sonda con los datos obtenidos por un termómetro calibrado.

5.2. Destilación simple empleando un termómetro controlado por Arduino

Material

- Matraz de destilación.
- Termómetro controlado por Arduino.
- Encendedor Bunsen.
- Tubo refrigerante.
- Colector erlenmeyer.
- Pie, nuez, soporte y rejilla.
- Tubos de goma.

Reactivos

- Agua salada.

Procedimiento:

- 1) Encendemos el ordenador y el software Arduino IDE. Cargamos el programa que contiene el código del termómetro y conectamos la placa mediante el conector USB. Debemos tener en cuenta que en esta práctica será necesario utilizar un tipo de sonda de temperatura que pueda estar en contacto con el agua, por lo que deberemos sustituir el sensor del Starter Kit:



Figura 36 – Sensores de temperatura

- 2) Realizamos el montaje del aparato de destilación según la figura que se presenta, teniendo en cuenta el uso de vaselina en la unión de las partes de cristal esmerilado para que luego sea posible desmontar de forma segura el destilador.

Ordenador + Software Arduino IDE
(Conexión USB)

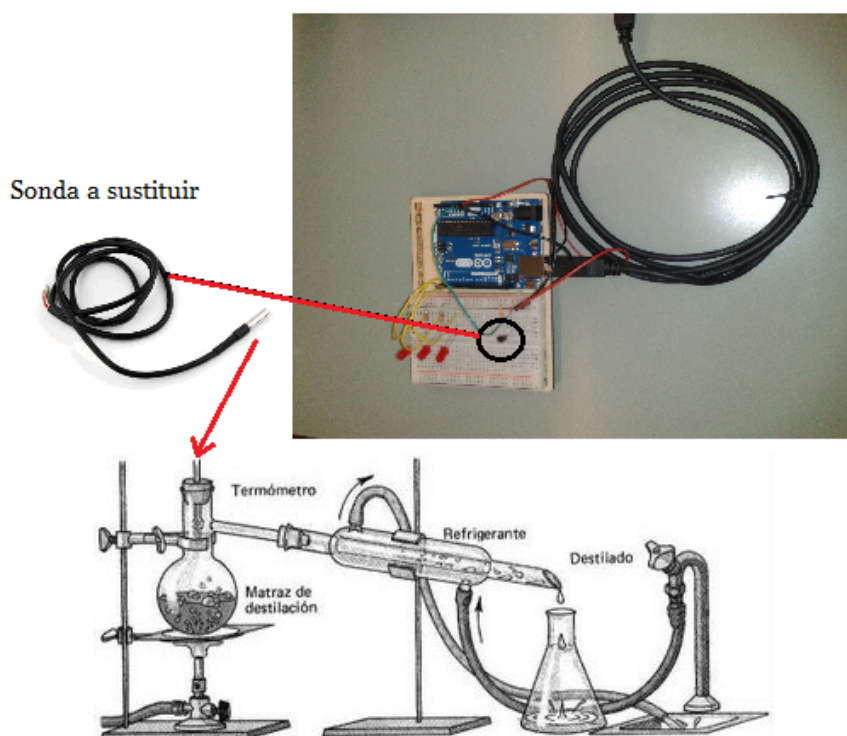


Figura 37 – Montaje en el laboratorio

- 3) Encendemos el mechero Bunsen una vez hayamos vertido el agua salada en el matraz de destilación.
 - 4) Abrimos el grifo de agua para que empiece a circular por el refrigerador.
 - 5) Observamos en la pantalla de Arduino IDE y observamos la temperatura que irá incrementando en contacto con el vapor del agua calentándose.
 - 6) Si la presión exterior es de 1013 hPa la temperatura del termómetro cuando empiece la evaporación debería ser de 100°C. (Comprobar el dato en la pantalla de lecturas de Arduino IDE).
 - 7) A medida que avanza el proceso la concentración de sal en el matraz irá aumentando ya que el agua es más volátil que ésta. El agua en forma de vapor llegará al refrigerador donde condensará y caerá al erlenmeyer, en forma de agua destilada, pura y libre de sales.
 - 8) En el matraz restará la sal en forma sólida.
- De esta manera habremos separado la sustancia más volátil, en este caso el agua, de la menos volátil, la sal.

Mediante las lecturas de Arduino IDE podemos controlar en todo momento cual ha sido la temperatura en el interior del matraz ya que se habrán almacenado hasta que paremos el programa y la sonda deje de recibir información.

6. CONCLUSIONES

En este apartado se extraen las conclusiones obtenidas del trabajo realizado en función de los objetivos propuestos. El objetivo principal del presente proyecto se basaba en la viabilidad de la introducción de la robótica en el currículo de primero de bachillerato.

La robótica, además de una rama de la tecnología de estudio de automatización y repetición de procesos a nivel industrial, se abrió camino en el mundo de la educación gracias, principalmente, al trabajo realizado por Seymour Papert y el desarrollo de la teoría del constructivismo de Piaget hacia el constructivismo de donde nació el concepto de robótica educativa.

Este medio de aprendizaje relativamente nuevo está abriéndose campo entre las metodologías tradicionales gracias a las continuas aportaciones que se descubren a medida que se van realizando experiencias y proyectos de innovación en centros de distintas etapas educativas.

El estudio del marco teórico ha destapado las múltiples aplicaciones de la robótica educativa como herramienta que va mucho más allá de la potenciación de habilidades mentales y destrezas técnicas, sino que también fomenta la creatividad, el trabajo en equipo o la pérdida de miedo a la investigación mediante la acción en un entorno seguro de forma libre.

El estudio de las distintas herramientas que permiten trabajar la robótica en profundidad ha concluido que el instrumento idóneo para el rango de edad con el que se quiere trabajar sería Arduino, por su flexibilidad, precio, adaptabilidad a múltiples campos e infinitud de aplicaciones y posibilidad de proyectos que solo quedan limitados a la imaginación del alumno.

Dados los resultados obtenidos en el test de creatividad, el cual nos indica que los alumnos poseen un nivel medio-alto de creatividad personal y de las cualidades o fortalezas que muestran, entre las que cabe destacar una actitud aventurera, transgresora, apta para afrontar nuevos retos se podría decir que el proyecto tiene expectativas de éxito. El desconocimiento de la programación informática parece no ser un factor limitante ya que se prestan motivados a aprender en el campo, por lo general valorado como interesante, que se les presenta. Ahora bien, existe cierta incongruencia en cuanto a sus capacidades e interés y la motivación para la

introducción de la robótica en la materia de química. Hubiera sido necesario ampliar el test de motivación para conocer con más profundidad las causas de las retenciones a introducir a robótica en la asignatura de química, quizás en forma de preguntas abiertas. Pero se sospecha que los alumnos temen que la introducción de más contenidos en una materia que ya de por sí representa una carga importante de trabajo puedan influir en sus resultados.

Respecto a la propuesta práctica se ha calculado que deberían emplearse dos sesiones para realización del termómetro y su posterior aplicación en la práctica propuesta “Destilación simple empleando un termómetro controlado por Arduino”.

Por lo tanto el proyecto se estima como viable, a falta de ciertos puntos en los que profundizar previos a su puesta en marcha, como son: el conocimiento de qué aspectos no convencen a los alumnos para aplicar la robótica en las prácticas de química, la consulta con el profesorado sobre su opinión y grado de motivación en cuanto a la propuesta y el análisis de la posibilidad de trabajar e impulsar la robótica como asignatura extraescolar en una primera fase.

7. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.

Como futuras investigaciones este proyecto deja la puerta abierta a la comprobación, una vez introducida la robótica en las prácticas de la asignatura de química, de si realmente ha aumentado la creatividad del alumnado realizando de nuevo el test y comparando los resultados obtenidos.

También deja la puerta abierta al estudio de cómo potenciar aquellas fortalezas que según el cuestionario de creatividad muestran resultados más bajos. Es decir, dada la gran cantidad de información tanto a nivel global como individual que aporta el cuestionario, podría aprovecharse para trabajar e indagar en como fomentar las fortalezas menos desarrolladas en la muestra. Así como ampliarse los cuestionarios con preguntas abiertas para conocer porqué algunos de ellos muestran interés por la robótica pero no como contenido dentro del currículo.

Una vez conocida la herramienta Arduino podría trabajarse en la creación mediante el software AppInventor de aplicaciones para el sistema operativo Android y controlar así los robots de forma remota, mediante bluetooth, wifi, etc. O dejar que fuera el propio alumno el impulsor de ideas a realizar con Arduino, realizando plenamente una modificación experimental, es decir, una investigación sin meta definida para quedar expuestos a todas las posibilidades y resultados que de una idea inicial puedan obtener.

8. BIBLIOGRAFÍA.

8.1. Referencias bibliográficas.

- Ajuntament de Barcelona (sin fecha) Barcelona Activa. *Cibernarium - Robòtica educativa*. Recuperado el 05 de Mayo de 2014:
http://w144.bcn.cat/cibernarium/images/es/robotica%20educativa_tcm70-32914.pdf
- Ackermann, E. (sin fecha). *Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference?* Recuperado el 15/05/2014 de:
<http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20%20Papert.pdf>
- Arduino (2014). Recuperado el 14/04/2014 de: <http://www.arduino.cc/>
- Banzi, M. (2014). *Introducción a Arduino. La revolución del hardware libre en diseño industrial y el arte interactivo*. Madrid: Ediciones Anaya, S.A.
- Balcells-Camps, I. (2012). *La robótica aplicada a la materia de tecnología de la E.S.O como medio para desarrollar la creatividad*. Material no publicado. Recuperado el 03 de Mayo de 2014 de, <http://reunir.unir.net/handle/123456789/693>
- Caballo, E. (2010). *Mi vida con el Logo*. Recuperado el 25/06/2014 de:
<https://educavallologo.wordpress.com/>
- Carey, S. (1987). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Craig, J. (2006). *Robótica*. Pearson Prentice Hall.
- De Bono, E. (2006). *El Pensamiento Lateral*. Barcelona. Editorial Paidós Ibérica S.A.
- DiSessa, A. y Sherin, B. (1998), *What changes in conceptual change?* International Journal of Science Education.
- Fernández Cepedal, J.M. (1976). *Diccionario de filosofía contemporánea*. P. 213-216. Salamanca: Ediciones Sígueme. Recuperado el 25/05/2014 de:
<http://www.filosofia.org/enc/dfc/idea.htm>
- Frank, P. y Ferras, X. (2008) *Pasión por innovar*. Grupo Editorial Norma.
- Fundación EducaBOT (sin fecha). *Ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas a través de la robótica*. Recuperado el 01/07/2014 de:
<http://ro-botica.com/es/educacion-productos/>
- Galvez Legua, M. (2011) Seminario Internacional “Tecnologías de Información y Comunicaciones aplicadas a la Educación”. Material no publicado. Recuperado el 17/06/2014 de: <http://es.slideshare.net/beckercito/robotica-educativa-17996135>
- Martín Bravo, C. y Navarro Guzmán, J. (2011). *Psicología para el profesorado de Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid. Ediciones Pirámide, Grupo Anaya.

-
- NXTorm (2010). *Sensores caseros para Mindstorms NXT y EV3*. Recuperado el 30/06/2014 de: <http://www.nxtorm.es/>
 - Papert, S. (1982). *Desafío a la mente: computadoras y educación*. Buenos Aires: Galápagos.
 - Papert, S. (2003). *La máquina de los niños. Replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós.
 - Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic books.
 - Piaget, J. y Inhelder, B. (1967). *The Child's Conception of Space. Systems of Reference and Horizontal-Vertical Coordinates*. p. 375-418. New York: W. W. Norton & Co.
 - Pittí Patiño, K. et al. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas. (Tesis Doctoral). Universidad de Salamanca. Recuperada el 20 de Julio de 2014 de: http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/72852/1/EXPERIENCIAS_CONSTRUCCIONISTAS_CON_ROBOT.pdf
 - Portero Sobrino, D. (2011) *Disseny d'un entorn de treball per a l'aprenentatge de les tècniques bàsiques de control i automatització a 4t d'ESO basat en la plataforma d'arquitectura oberta ARDUINO*. Material no publicado. Recuperado el 03 de Mayo de 2014 de: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/14311>
 - Reggini, H. (2005) "Las computadoras deben considerarse como un medio expresivo para la creación: esa fue la esencia de Logo". *Educ.ar: Portal Educativo del Estado Argentino*. Recuperado el 30/06/2014 de: <http://portal.educ.ar/noticias/entrevistas/horacio-c-reggini-las-computad.php>
 - Ro-botica (2012). *Robótica educativa y personal*. Recuperado el 02/07/2014 de: <http://ro-botica.com/>
 - Rodríguez Villamil, H. (2008). *Del constructivismo al constructorismo: implicaciones educativas*. Revista Educación y Desarrollo Social. Volumen II (nº1), Págs. 71-89. Recuperado el 24 de Julio de 2014 de: file:///C:/Users/Martina/Desktop/Dropbox/TFM/ART_Constr%20-%20Construc.pdf
 - Universidad Politécnica de Madrid (2008) *Aprendizaje Basado en Problemas. Guías rápidas sobre nuevas tecnologías*. Servicio de innovación Educativa. Recuperado el 20/06/2014 de: http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_basado_en_problemas.pdf
 - White, A. (2011). *Lego Mindstorm vs. Arduino*. Recuperado el 04/04/2014 de: http://www.infobarrel.com/Lego_Mindstorm_vs_Arduino
-

- Wirwahn, J. (2012). *Weather SenseBox: An Arduino Based Approach to Integrate the Work on Sensor Platforms in High School Classes*. (Tesis de Maestría). Universidad de Münster. Alemania. Recuperado el 20/04/2014 de: http://sensebox.uni-muenster.de/wp-content/uploads/sites/12/2013/05/weatherstation_thesis.pdf

8.2. Bibliografía complementaria.

- Acuña Zúñiga, A. (2006) Projects for educational robotics: engines for the innovation. *Technological Science Education, Collaborative Learning, Knowledge Management*, volumen II, pág. 951. Recuperado el 14/04/2014 de: http://www.fod.ac.cr/AplicacionesFOD/ARCHIVOS/RECURSOS/proyectos_de_robotica_educativa_motores_para_la_innovacion.pdf
- Arduino (12/12/2013) Arduino Forum. Mensaje publicado en: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=206081.0>
- Balcells-Camps, I. (2012). *La robótica aplicada a la materia de tecnología de la E.S.O como medio para desarrollar la creatividad*. Material no publicado. Recuperado el 03 de Mayo de 2014 de, <http://reunir.unir.net/handle/123456789/693>
- Benítez, Rómulo (2012). Historia de Arduino y su nacimiento. BotScience, Volumen Junio 2012. Recuperado el 06 de Mayo de 2014 de: <http://botscience.wordpress.com/2012/06/05/historia-de-arduino-y-su-nacimiento/>
- Dewey, J. (Traducción de Larrauri, M). (2012) *La educación según John Dewey*. Valencia: Tàndem Edicions. (Fuente secundaria)
- LEGO. *First LEGO League*. Recuperado el 03 de Mayo de 2014 de, <http://www.firstlegoleague.es/> (Fuente primaria)
- Martínez-Caballé, D. (2013) *Aplicación de la robótica LEGO en la docencia de tecnología en el IES Príncipe de Girona*. Material no publicado. Recuperado el 03 de Mayo de 2014 de, <http://reunir.unir.net/handle/123456789/1959> (Fuente primaria)
- MIT AppInventor. *MIT AppInventor*. Recuperado el 04 de Mayo de 2014 de, <http://appinventor.mit.edu/explore/> (Fuente primaria)

ANEXOS

ANEXO I Cuestionario de creatividad personal

Como ya se ha comentado anteriormente, el test de creatividad realizado constaba de las siguientes 45 preguntas cuya respuesta a cada afirmación debía puntuarse del 1 al 5 en función del grado de identificación del alumno, siendo:

1 = Nada, 2 = Poco, 3 = Bastante 4 = Mucho, 5 = Totalmente / siempre

Cuestionario sobre Creatividad Personal

Lea detenidamente las siguientes afirmaciones y puntúelas del 1 al 5 según su preferencia personal. Conteste en función de lo que es en la actualidad, no de lo que le gustaría ser.

1. Al tomar decisiones me gusta combinar la intuición (el sexto sentido) con la razón.
2. Disfruto con mi trabajo, siento una especial motivación por todo lo que hago.
3. Soy una persona creativa
4. Me gusta implementar las cosas y conozco sistemas y metodologías de trabajo para convertir ideas abstractas en hechos concretos
5. Me gusta correr riesgos
6. A menudo tengo conversaciones conmigo mismo/a
7. Me doy cuenta de que soy algo más creativo/a que la gente que me rodea
8. Tengo facilidad para detectar los problemas de mi entorno profesional
9. Me deleito dándole vueltas a las cosas
10. Me llevo bien con los niños, me gusta compartir sus juegos y su forma de ver la vida.
11. Se como funciona un *brainstorming* y creo que podría dirigirlo perfectamente.
12. En la escuela, en casa o ahora, en el trabajo siempre he sido considerado/a una persona creativa.
13. Me encanta viajar y observar costumbres y formas de vivir diferentes a las mías.
14. Me gusta saber cosas sobre temas diversos, más allá del trabajo cotidiano.
15. He llevado a cabo personalmente (o como colaborador) alguna innovación concreta (producto, servicio, problema) con un cierto éxito.
16. Soy consciente de mis puntos débiles y de mis puntos fuertes.
17. Me gusta pensar más allá de lo establecido, romper las normas.
18. Tengo facilidad para expresar mis ideas de forma gráfica, a través de dibujos, esquemas o mapas.
19. Soy una persona práctica, que disfruta viendo resultados concretos.
20. Creo que me conozco bien a mi mismo.
21. Soy capaz de transformar una idea absurda en algo que tenga sentido.

22. Intento siempre ir por los caminos menos transitados, no me gusta hacer lo que todo el mundo hace.
23. Me considero un buen líder.
24. Recuerdo bien mis sueños, a veces se convierten en una certera fuente de inspiración.
25. Soy capaz de explicar con claridad mi mundo interior, hacerlo entendible para mi y en ocasiones comunicarlo a los demás.
26. Tengo facilidad para definir claramente un objetivo y empezar a trabajar en él.
27. Utilizo de vez en cuando o a menudo técnicas creativas para generar ideas sobre un tema de mi interés.
28. Cuando tengo una idea clara, me resulta fácil convencer a los demás, transmitirles esa convicción y arrastrarlos a la acción.
29. Me gusta experimentar cosas nuevas, aun sin saber si estoy en el buen camino o no.
30. Cuando algo no me sale bien soy capaz de recuperarme anímicamente en muy poco tiempo.
31. Me gusta resolver mis problemas y/o generar ideas nuevas inspirándome en estímulos que no tienen nada que ver con lo que estoy haciendo.
32. A veces, o a menudo, después de pensar las cosas detenidamente, surge la solución o la respuesta a lo que estaba buscando de forma repentina.
33. Me encanta tener muchas ideas alternativas, no suelo conformarme con lo primero que me viene a la cabeza.
34. He leído algún libro sobre técnicas de creatividad.
35. Me encanta apasionar a los demás y conseguir que disfruten como yo con las ideas y los proyectos.
36. Me gusta ser provocativo/a en mis planteamientos, aunque al final siempre se imponga la lógica.
37. Tengo facilidad para convertir mis problemas en frases o formulas que permiten trabajar con mayor eficacia y concreción.
38. Me atraen las cosas extrañas, poco accesibles, ocultas, ambiguas.
39. Cuando genero ideas para algo, no me importa si aparecen cosas locas, irrealizables o absurdas.
40. Soy consciente de hasta donde puedo llegar, conozco mis capacidades y mis limitaciones a nivel personal y profesional.
41. Tengo siempre mucha energía y dinamismo y estoy siempre metido/a en proyectos que me ilusionan
42. Me encanta desmenuzar las cosas, ver como son por dentro, analizarlas, descubrir como funcionan...

43. Muchas veces siento que la solución a un problema pasa por mi interior, de forma emocional, y que gracias a esa sensación soy capaz de tomar decisiones.
44. Me encanta participar en equipos de trabajo y buscar conjuntamente ideas para cualquier tema de interés común.
45. Acostumbro a hacer cosas que no he hecho jamás anteriormente.
- (Frank, P. y Ferras, X. ,2008)

ANEXO II Resultados del cuestionario de creatividad personal

Tabla 3 – Resultados numéricos obtenidos de las 45 cuestiones planteadas en el test sobre una muestra de 25 alumnos.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Pregunta 1	4	3	2	2	3	2	4	2	3	3	5	2	4	5	5	3	4	3	5	2	4	5	5	5	3
Pregunta 2	1	5	2	5	2	2	2	4	3	3	2	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	5	3	2	3
Pregunta 3	4	3	3	4	3	4	4	5	4	2	4	3	5	3	3	3	3	2	3	2	4	4	4	5	2
Pregunta 4	3	4	2	4	1	2	2	4	3	4	4	4	3	2	3	4	3	3	3	4	2	5	2	3	3
Pregunta 5	5	4	1	5	1	3	4	5	5	2	4	3	3	2	4	3	2	2	2	5	5	1	5	5	3
Pregunta 6	4	3	3	5	2	5	1	3	2	4	5	2	4	4	5	3	1	4	2	3	4	3	5	5	4
Pregunta 7	3	2	2	4	1	3	1	5	2	1	3	1	5	2	4	2	2	2	3	4	2	3	3	5	2
Pregunta 8	4	5	4	4	2	3	4	3	3	4	5	4	3	2	4	4	3	5	3	4	4	4	5	4	3
Pregunta 9	1	3	5	2	4	5	4	5	3	4	5	4	3	4	5	4	3	2	4	2	2	3	5	4	3
Pregunta 10	4	5	1	4	5	4	3	5	3	4	5	3	4	2	5	3	2	5	5	5	5	5	4	5	2
Pregunta 11	1	1	5	5	1	2	2	5	3	1	2	2	2	4	3	4	3	4	5	3	4	4	3	5	3
Pregunta 12	2	3	2	4	2	3	3	5	3	3	4	3	4	3	2	2	2	2	3	1	3	3	2	5	2
Pregunta 13	1	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	3	5	3	3	5	2	5	5	3
Pregunta 14	3	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	2	5	1	3	5	4
Pregunta 15	1	3	4	5	1	2	5	4	2	3	1	2	4	1	4	3	2	4	2	4	2	5	1	5	2
Pregunta 16	4	4	2	4	2	3	5	4	4	5	4	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5	2	5	5	4
Pregunta 17	5	4	3	5	3	4	4	5	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	2	3	5	3	4	5	3
Pregunta 18	4	3	4	2	4	2	1	5	5	2	2	4	3	3	1	4	3	3	2	4	2	2	1	5	3
Pregunta 19	4	4	4	5	2	2	4	5	5	3	2	5	5	2	4	4	5	4	5	5	5	3	3	3	5
Pregunta 20	4	4	1	3	1	3	4	5	4	5	3	4	3	4	5	4	4	3	4	3	3	4	5	2	4
Pregunta 21	4	4	3	5	2	2	4	4	3	4	3	2	4	3	3	3	3	3	3	2	5	2	4	5	4
Pregunta 22	5	4	3	5	4	4	4	5	3	2	3	2	4	3	3	3	4	3	5	2	2	3	5	5	3
Pregunta 23	4	5	5	5	2	3	4	4	3	3	4	4	2	2	4	3	3	4	4	3	2	4	4	5	4
Pregunta 24	5	2	5	1	2	4	3	4	2	4	1	2	4	3	4	2	1	2	4	4	4	2	3	5	4
Pregunta 25	4	3	4	2	1	2	2	1	3	4	2	2	2	4	4	3	3	2	5	4	2	3	4	1	3
Pregunta 26	4	5	5	4	3	3	4	5	3	3	3	4	4	3	3	3	3	5	4	3	5	2	3	3	3
Pregunta 27	2	3	4	3	2	4	4	5	3	1	2	2	3	1	3	3	2	3	3	5	3	4	3	4	2
Pregunta 28	3	5	5	5	3	3	4	4	3	2	4	4	3	3	4	3	2	4	4	4	4	3	5	5	4
Pregunta 29	5	4	3	5	4	4	4	5	4	4	4	3	5	4	5	3	3	2	3	5	3	2	5	5	3
Pregunta 30	2	4	1	5	4	2	5	5	3	3	3	2	4	4	3	2	4	3	3	2	5	4	4	5	3
Pregunta 31	4	3	3	4	3	3	5	3	4	2	4	3	3	3	4	4	3	4	2	5	4	2	3	5	3
Pregunta 32	4	5	5	5	1	5	2	4	4	4	4	3	4	2	5	4	3	5	5	5	2	5	4	5	4
Pregunta 33	4	3	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	2	2	5	4	5	2	1	5	3
Pregunta 34	1	1	1	5	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	5	4	5	1	1	1
Pregunta 35	4	4	5	5	1	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	5	2	3	2	3	4	2
Pregunta 36	4	4	3	5	1	4	3	5	3	4	4	2	3	4	4	3	2	1	2	2	2	4	4	5	3
Pregunta 37	4	2	1	1	1	2	2	3	2	2	3	2	4	1	3	2	2	2	5	3	1	2	3	5	3
Pregunta 38	4	2	4	2	2	4	2	5	5	2	5	4	4	3	5	3	3	5	2	4	4	5	2	5	4
Pregunta 39	2	2	4	1	3	5	4	5	4	2	4	3	3	4	4	3	2	4	4	4	2	2	5	5	2
Pregunta 40	5	5	1	1	3	3	3	4	4	5	1	5	3	4	4	4	4	5	5	5	5	1	5	1	3
Pregunta 41	3	5	2	5	2	4	4	5	2	4	3	3	3	2	2	3	3	5	3	4	3	3	3	5	3
Pregunta 42	2	4	5	4	1	1	5	5	3	2	5	4	4	1	4	3	4	1	1	3	1	2	5	5	4
Pregunta 43	2	4	4	1	2	4	3	3	2	2	5	1	4	5	4	3	2	3	5	2	1	3	4	5	2
Pregunta 44	3	5	4	4	4	3	4	5	4	4	4	2	4	3	4	4	4	3	4	3	5	5	3	2	3
Pregunta 45	4	4	4	5	5	4	5	4	3	3	4	3	4	2	3	3	3	3	4	3	5	4	4	5	3

Sumatorios de los ítems para la valoración del grado bajo, medio o alto

Tabla 4 – Sumatorio de los ítems para cada cuestionario realizado.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Tener consciencia de ser creativo																											
Ítems 3+7+12	9	8	7	12	6	10	8	15	9	6	11	7	14	8	9	7	7	6	9	7	9	10	9	15	6		
Autoconocimiento																											
Ítems 16+2+40	10	14	5	10	7	8	10	12	11	13	7	14	9	11	11	12	11	14	13	13	13	8	13	8	10		
Introspección y mundo interior																											
Ítems 6+24+25	13	8	12	8	5	11	6	8	7	12	8	6	10	11	13	8	5	8	11	11	10	8	12	11	11		
Automotivación																											
Ítems 2+30+41	6	14	5	15	8	8	11	14	8	10	8	9	10	9	8	9	10	12	9	9	11	12	10	12	9		
Curiosidad Mental																											
Ítems 13+14+42	6	13	15	14	9	11	15	14	11	12	15	13	14	11	14	13	11	11	9	8	11	5	13	15	11		
Pensamiento lógico + pensamiento lateral																											
Ítems 21+31+36	12	11	9	14	6	9	12	12	10	10	11	7	10	10	11	10	8	8	7	9	11	8	11	15	10		
Intuición + razón																											
Ítems 1+31+43	10	12	11	8	6	11	9	9	9	9	14	6	12	12	14	10	9	11	15	9	7	13	13	15	9		
Facilidad para la formulación de problemas y concreción de focos creativos																											
Ítems 8+26+37	12	12	10	9	6	8	10	11	8	9	11	10	11	6	10	9	8	12	12	10	10	8	11	12	9		
Búsqueda constante de ideas																											
Ítems 9+33+44	8	11	13	10	10	12	12	14	11	11	13	10	11	10	13	11	9	7	13	9	12	10	9	11	9		
Actitud transgresora																											
Ítems 17+22+38	14	10	10	12	9	12	10	15	12	7	12	10	12	9	12	10	10	12	9	9	11	11	11	15	10		
Actitud aventurera																											
Ítems 5+29+45	14	12	8	15	10	11	13	14	12	9	12	9	12	8	12	9	8	7	9	13	13	7	14	15	9		
Liderazgo creativo																											
Ítems 23+28+35	11	14	15	15	6	11	12	13	10	9	13	12	9	9	12	10	8	12	13	9	9	9	12	14	10		
Pensamiento ingenio																											
Ítems 10+18+39	10	12	10	12	8	13	11	15	10	9	12	9	11	7	12	10	7	12	13	12	11	11	10	13	6		
Conocimiento de métodos creativos																											
Ítems 11+27+34	4	5	10	13	4	8	7	11	8	3	5	5	6	6	7	9	6	8	10	13	11	13	7	10	6		
Conocimiento de procesos de innovación																											
Ítems 4+15+19	8	11	10	14	4	6	11	13	10	10	7	11	12	5	11	11	10	11	10	13	9	13	6	11	10		

Cálculos para la obtención del grado de creatividad personal

Tabla 5 - Sumatorio total de las puntuaciones de las 45 cuestiones por cada elemento de la muestra.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Σ Total =	150	164	148	174	107	148	156	191	149	140	159	139	162	135	169	148	128	150	161	155	156	143	163	194	137

ANEXO III Test de motivación

1. En la asignatura de química, ¿preferirías más horas de teoría o de prácticas?
 - Teoría
 - Ambas son importantes
 - Más prácticas

2. ¿Conocías la herramienta ARDUINO?
 - Si
 - He oído a hablar
 - No

3. ¿Cómo valoras el trabajo con ARDUINO?
 - Muy interesante
 - Interesante
 - Aburrido
 - Muy aburrido

4. ¿Cómo valoras poder construir tus propios instrumentos de laboratorio?
 - Una buena idea para muchas sesiones
 - Una buena idea para trabajar puntualmente y/o en grupo
 - No lo encuentro interesante

5. ¿Qué es lo que más te atrae de poder construir un termómetro?
 - Poder hacer gráficos de como varia la temperatura
 - Poder analizar los datos extraídos, hacer predicciones,....
 - Poder utilizarlo luego en el laboratorio
 - No me atrae la idea

6. ¿Te imaginas usando ARDUINO en tu tiempo libre para hacer tus propios robots?
 - Si, y ya lo he hecho
 - Si, me ha dado ideas y creo que lo conseguiría
 - Me gustaría, pero no creo que lo consiguiera
 - No me veo, sinceramente.

7. ¿La experiencia ha modificado tu concepto de robótica?
 - Si
 - No

8. ¿Te ves capacitado para emprender proyectos con Arduino?

- Si
- Si, pero con ayuda
- No

9. ¿Habías pensado antes que construir un robot era una meta alcanzable para ti?

- Si
- No

10. ¿Te gustaría incluir la herramienta en las prácticas de las asignaturas de ciencias?

- Si, mucho
- Si, pero representa mucho trabajo adicional
- No

ANEXO IV Resultados del test de motivación

Tabla 19 – Resultados individuales del test de motivación

	Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Recuento	%				
1 En la asignatura de química, ¿preferirías más horas de teoría o de practicas?																																
Teoría	1															1												1	4%			
Ambas son importantes	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22	88%			
Más prácticas	3			3	3																							2	8%			
2 ¿Conocías la herramienta ARDUINO?																																
Sí	1			1									1	1		1	1				1	1						7	28%			
He oído a hablar	2	2	2				2			2		2							2				2		2	2		7	28%			
No	3	3			3	3	3			3	3		3			3		3					3		3			11	44%			
3 ¿Cómo valoras el trabajo con ARDUINO?																																
Muy interesante	1			1							1			1								1	1		1	1		7	28%			
Interesante	2	2	2		2	2	2	2	2		2	2		2	2	2	2	2					2		2			16	64%			
Aburrido	3	3																										1	4%			
Muy aburrido	4														4													1	4%			
4 ¿Cómo valoras poder construir tus propios instrumentos de laboratorio?																																
Una buena idea para muchas sesiones	1			1	1						1	1	1	1			1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	60%
Una buena idea para trabajar puntualmente y/o en grupo	2	2	2	2		2		2						2						2								7	28%			
No lo encuentro interesante	3						3	3							3													3	12%			
5 ¿Qué es lo que más te atrae de poder construir un termómetro?																																
Poder hacer gráficos de como varia la temperatura	1						1					1							1									3	12%			
Poder analizar los datos extraídos, hacer predicciones,....	2	2	2	2					2	2			2			2	2		2			2	2	2	2			12	48%			
Poder utilizarlo luego en el laboratorio	3		3	3	3		3				3										3					3	3	8	32%			
No me atrae la idea	4													4	4													2	8%			

ANEXO V Imágenes de la sesión realizada con los alumnos



Figura 38 – Sesión de introducción a la robótica



Figura 39 – Presentación de la herramienta Arduino

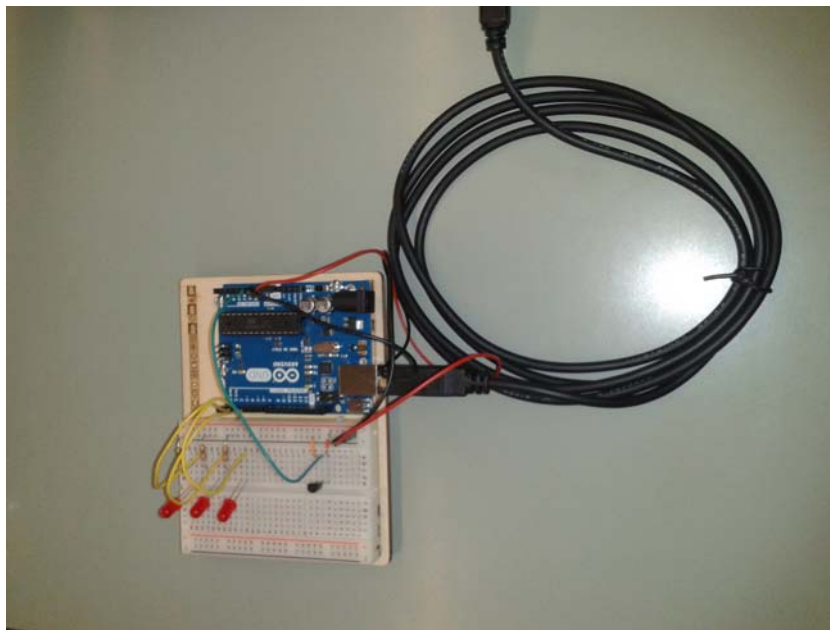


Figura 40 – Termómetro Arduino

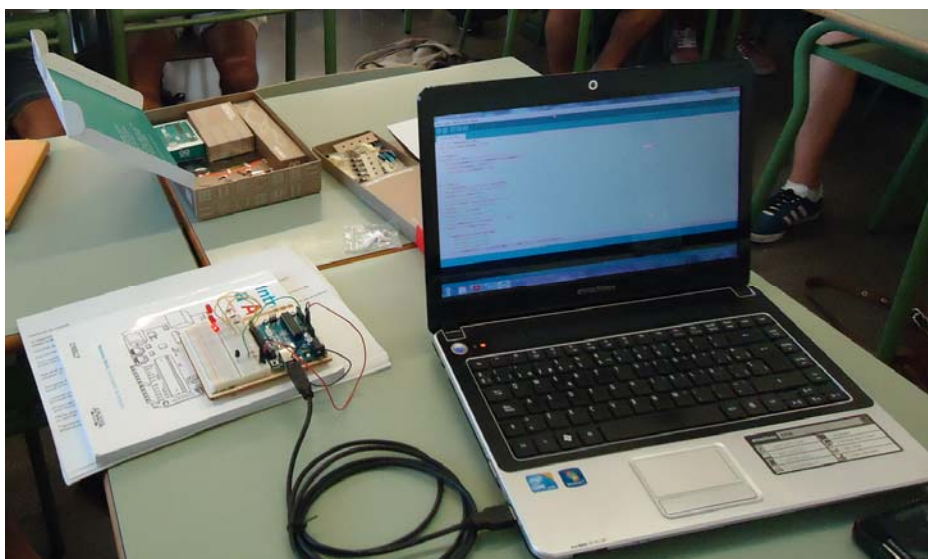


Figura 41 – Demostración del funcionamiento del termómetro construido con Arduino.