



Facultad de Educación

**MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA**

**Una propuesta en el ámbito STEM para la enseñanza de los sistemas de
ecuaciones en la ESO**

A STEM-oriented proposal for the teaching of equation systems in the ESO

Alumno: Carlos González Fernández

Especialidad: Matemáticas

Directores: José Manuel Diego Mantecón, Tomás Recio Muñiz

Curso 2018-2019

Junio 2019

Firma Autor:

Carlos González Fernández

VºBºDirectores:

José Manuel Diego Mantecón

Tomás Recio Muñiz

RESUMEN

En este trabajo se motiva a los alumnos a través de la propuesta y desarrollo de un proyecto de aprendizaje STEM, llevado a cabo dentro del grupo de 4ºE SO del IES La Granja durante las prácticas de enseñanza del Máster. Esta experiencia está basada en la modelización matemática del esquema eléctrico de cierta vivienda familiar.

Palabras clave: Aprendizaje por Proyectos, STEM, interdisciplinaridad, trabajo cooperativo, modelización, electricidad.

ABSTRACT

This work attempts to motivate students through the proposal and development of a STEM learning project, which was carried out within the group of 4th ESO of IES La Granja during the Master's trainee period. This experience is based on the mathematical modeling of the electrical scheme of a certain family home.

Keywords: Project Based Learning, STEM, interdisciplinarity, cooperative work, modeling, electricity.

Debido al problema que existe en castellano para referirse a términos que tienen género, se ha optado por unificar mediante el uso del masculino, que es el que está aceptado, con el objeto de simplificar la redacción y lectura del documento. Sin embargo, el lector ha de tener en cuenta que esta designación hace referencia de forma neutra a los términos en sus dos concepciones de género, tanto la masculina como la femenina.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Motivaciones y objetivos del trabajo.....	5
1.2. Estructura del documento	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Introducción a las STEM	7
2.2. Origen de las STEM.....	8
2.3. LOS FUNDAMENTOS DE LAS STEM.....	10
2.3.1. Definición de STEM	10
2.3.2. Barreras a la implantación de la metodología STEM	11
2.3.3. Las STEM y el Aprendizaje Basado en Proyectos. Interdisciplinariedad y aprendizaje cooperativo.....	12
2.4. Las STEM en el currículo español de Matemáticas	13
2.5. Modelización de aspectos cotidianos mediante STEM	14
2.6. La formación e implicación de los docentes para afrontar el reto STEM	15
3. UNA PROPUESTA STEM PARA EL APRENDIZAJE DE SISTEMAS DE ECUACIONES EN 4º ESO	16
3.1. Presentación de las ventajas de esta propuesta STEM.....	17
3.2. Toma de contacto con los contenidos "eléctricos" previos.....	18
3.3. Proyecto de electrificación de una vivienda	23
4. DESARROLLO CONCRETO DE LA PROPUESTA EN UN IES.....	26
4.1. Contexto socio-económico del centro y los alumnos	27
4.2. Problemas para la experimentación STEM.....	29
4.3. Preparación previa al taller STEM.....	32
4.4. Desarrollo del proyecto STEM en 4º de la ESO en el IES la Granja ...	41
4.5. Proyección de futuro	46
5. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS. CONCLUSIONES	47

5.1. Recopilación de resultados sobre la prueba de contenidos	47
5.2. Acopio de opiniones sobre el taller STEM.....	47
5.3. Principales conclusiones	54
6. BIBLIOGRAFÍA.....	57
7. ANEXOS.....	59
7.1. Anexo1. Cuestionario previo sobre conceptos de electricidad.....	59
7.2. Anexo 2. Conceptos básicos sobre electricidad.....	61
7.3. Anexo 3. Taller de ecuaciones para resolver casos eléctricos.....	66
7.4. Anexo 4. Actividad STEM para la interconexión entre Tecnología y Matemáticas en 4º de la ESO	67
7.5. Anexo 5. Ejercicio esquema funcional red eléctrica.	71
7.6. Anexo 6. Opiniones sobre el taller STEM.....	73
7.7. Anexo 7. Correo a la Inspectora de Educación justificando del taller STEM.....	74
7.8. Anexo 8. Cuestionario Kahoot para la evaluación de los contenidos eléctrico-matemáticos	75
7.9. Anexo 9. Examen STEM.....	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivaciones y objetivos del trabajo

Actualmente, los profesores siguen abusando de los métodos de enseñanza utilizados desde hace décadas, pero los alumnos han sufrido cambios sustanciales en todos los contextos. La influencia de las nuevas tecnologías ha producido en los jóvenes un viraje en la forma en que establecen relaciones, reciben información o aprenden. Todos estos avances no pueden quedar ajenos al contexto educativo, por lo que el profesor deberá actualizar sus métodos de enseñanza para incrementar la motivación e interés de los estudiantes. Gracias a estos métodos, los adolescentes no solo aprenderán contenidos, sino que también trabajarán competencias de respeto a sus compañeros, trabajo en equipo y familiarización con un entorno de trabajo.

Para lograr estos objetivos, en este Trabajo de Fin de Máster se va a desarrollar un proyecto, llevado a cabo dentro del grupo de 4º ESO del IES La Granja, fundamentado en la modelización matemática de un esquema eléctrico.

Así, este proyecto pretende plantear un enfoque más práctico respecto a las tradicionales formas de aprender que los estudiantes llevan a cabo en las aulas de Educación Secundaria. Desgraciadamente, en las mismas, existe una gran tendencia a la sobrecarga de contenidos que truncan el tiempo que podría ser destinado a favorecer otros aspectos esenciales para el desarrollo de los jóvenes, tales como la creatividad, el fomento de la capacidad de razonamiento crítico o la cooperación entre iguales. Para contribuir a contrarrestar esta situación, se plantea en este Trabajo Fin de Máster el mencionado proyecto, en cuya realización los estudiantes tendrán que desarrollar esas aptitudes, al tiempo que aprenderán los contenidos curriculares correspondientes, alejándose, de esta manera, de esos métodos pedagógicos cimentados en la repetición mecánica de ejercicios.

Los IES no solo han de enseñar contenidos académicos a los adolescentes. Más bien han de prepararlos para todos los escenarios de su futura vida como

adultos, ayudándoles a adquirir una capacidad crítica de trabajo, así como unos valores de respeto a la diversidad de compañeros, obteniendo, a cambio, una sensación gratificante por participar en un proceso de autoaprendizaje. Así, se considera que la enseñanza mediante proyectos puede simular más realísticamente la forma en que los alumnos deberán desempeñar sus tareas en los futuros puestos de trabajo, donde van a tener que cooperar con una amplia variedad de personas para ir alcanzando ciertos hitos.

1.2. Estructura del documento

En primer lugar, se incluye todo lo relativo a la definición de las STEM, sus características principales y las barreras existentes para su implantación en los centros (ver sección 2). En este apartado, también se desarrolla lo concerniente a esta novedosa metodología de enseñanza a través de la interacción entre asignaturas y la simulación de hechos cotidianos de la vida de los alumnos, para terminar con la forma de implantación en las aulas.

En segundo lugar, se expone el planteamiento general de la propuesta STEM (ver sección 3), válida para cualquier entorno educativo, y en el que se va a tratar la idea de la resolución de sistemas de ecuaciones mediante la simulación de circuitos eléctricos del entorno de los alumnos.

En tercer lugar, se incluyen las peculiaridades de la propuesta STEM desarrollada en el entorno concreto de un grupo dentro del IES la Granja (ver sección 4). En el mismo apartado, se mencionan todas las dificultades presentes al inicio y desarrollo de la experiencia, así como los logros conseguidos.

Por último, se muestran las conclusiones, cualitativa y cuantitativamente, extraídas durante la experiencia STEM dentro de IES, tanto a nivel de aprendizaje como al de beneficios aportados a los alumnos (ver sección 5).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción a las STEM

Actualmente, en una sociedad donde los jóvenes viven rodeados de avances tecnológicos e influenciados por todo lo que les rodea, gracias a la presencia de Internet, parece que la enseñanza en las aulas de ESO y Bachillerato poco ha cambiado respecto a la impartida en décadas anteriores. Se sigue abusando de las 'clases magistrales', sin pararse a observar las relaciones que guardan entre sí los contenidos de varias materias, causando, frecuentemente, un desinterés por los contenidos académicos, típico de los estudiantes en esta época de su desarrollo.

Como relatan Gil y Escaño (2010), cuando las clases se fundamentan en el convencional relato de información por parte del profesor, el alumno necesita una fuerte capacidad de concentración para adquirir conocimiento. Sin embargo, como se afirma en la misma referencia, es improbable que todos los alumnos tengan esa gran fuerza de voluntad, provocando grandes pérdidas de información y generando desmotivación o merma del interés durante la sesión. Estas dificultades derivadas la metodología tradicional se incrementan por la transmisión, en el aula, de información inconexa con la vida cotidiana de los jóvenes, como fue vislumbrado hace alrededor de un siglo por Dewey (1916, en Yakman y Lee, 2012), cuando hacía referencia a esa falta de sincronía entre los 'libros' y la vida real de los jóvenes. Como reacción a esto, Dakers (2006, en Yakman y Lee, 2012) defiende que es casi una obligación el acercar los contenidos que han de estudiar los adolescentes a los problemas de ese mundo cambiante que les rodea, haciéndoles ver cómo pueden entender los fenómenos que acontecen en su vida diaria gracias a lo que aprenden en las asignaturas. Esta interacción con los hechos cotidianos puede ser desarrollada a través de pequeños proyectos donde los alumnos van a tener que cooperar en grupo, logrando tanto un objetivo en común como ese aprendizaje a título individual. Por supuesto, con esta metodología se incluirá ese fomento por el respeto de la diversidad existente entre los estudiantes, como mencionan Yakman y Lee (2012). Asimismo, gracias a la metodología STEM, eje central

de este trabajo y que se detallará en otra sección, no solo han de ser capaces de modelizar esos hechos del día a día, como afirma Doménech (2018), también les ayuda a adquirir esa capacidad crítica para saber interpretar, con la mayor veracidad posible, toda la información que los rodea.

La unión de todos estos factores (proyectos, relación con aspectos cotidianos, cooperación,...), acompañados, según Yakman y Lee (2012), de una interacción entre las distintas materias, dará paso a la conocida como metodología STEM, a cuyos fundamentos se dedicarán las siguientes secciones. De todas formas, como asegura Doménech (2018), todas las características anteriores se corresponden con los principios que definían el 'Aprendizaje Basado en Proyectos' (ABP), con lo que las STEM van a ser más una invención política, como se verá más adelante, para fomentar ese interés por el mundo tecnológico, aunque sus bases ya estaban claramente definidas.

2.2. Origen de las STEM

A Yakman y Lee (2012) ya les llamaba la atención el olvido, en la práctica educativa, de la aparición de las STEM en la legislación de las principales potencias mundiales, por lo que resultaba imprescindible comenzar a trabajar sobre esta nueva forma de docencia en el contexto real. Esta práctica surgió en la primera década del siglo XXI, fruto de las carencias educativas en ciencia y tecnología que observaron expertos de las pruebas PISA. En concreto, detectaron que EE.UU., así como algunos países de la Unión Europea, venía denunciando esa falta de interés por la formación en tecnología e ingeniería. También, percibieron que en las aulas los alumnos tenían una apreciación muy negativa sobre los profesionales de esos sectores, ya que trabajan encerrados en laboratorios, salas llenas de máquinas o a la intemperie. Por consiguiente, sabían que la única solución era intentar que fueran partícipes de proyectos científicos, según su nivel, haciéndoles disfrutar de la ciencia a la vez que aprendían de sus contenidos curriculares, como bien recogían Yakman y Lee (2012).

Pero el problema iba más allá de la mera formación académica, aceptando que el asunto ya afectaba a una parte de la actividad económica de algunos países.

Algunos expertos advirtieron que se estaba generando un déficit de jóvenes que cubrieran el amplio espectro de vacantes relacionadas con el sector tecnológico. La causa principal recaía en la pérdida temprana del interés por el mundo científico-técnico, en favor de otras áreas. En consecuencia, como señalan Diego y otros (2018), desde Europa se lanzó el proyecto STEM para que los jóvenes cambiasen su punto de vista sobre estas disciplinas curriculares, involucrando a centros universitarios, institutos y empresas privadas.

Aunque la ESO y el Bachillerato facilitan al adolescente la adquisición de valores sociales para lograr su madurez, también lo van a capacitar para su futuro puesto de trabajo, de manera que el docente no podrá obviar ese viraje en su metodología para favorecer los perfiles requeridos por el mercado. Un aspecto importante a tener en consideración sería el relativo a los instrumentos de evaluación, ya que como se aseguran Toma y Greca (2016), los alumnos sienten cierto temor a las Matemáticas por esas formas tradicionales de evaluar que son tan discriminatorias.

Además, se están descubriendo otros puntos críticos, como la idea de que el interés por las ciencias se despertaba en el periodo de los 14 a 16 años, pero Toma y Greca (2016) han demostrado que se produce durante la Educación Primaria. Por ese motivo, aunque se pretenden implantar estas prácticas en la ESO, el informe Rocard (véase Rocard et al., 2007, citado en Toma y Greca, 2016) aseguraba que en el futuro habrá que ir extrapolándolo a cursos inferiores, adaptando los contenidos según la edad y el nivel. Para dar más importancia a estas metodologías, en un estudio publicado por Tai y otros (Tai et al., 2006, en Toma y Greca, 2016), ya se hablaba sobre la relación existente entre las prácticas de los alumnos durante su formación en el campo científico, y la decantación por formarse, en sus futuros estudios, en las disciplinas del ámbito STEM.

Se ha escrito sobre la integración de estas experiencias en Primaria y Secundaria, pero también han sido probadas con éxito en estudios superiores. En concreto, García (2016, en García, Reyes y Burgos, 2017) ya probó el

incremento de interés y rendimiento académico, fruto de una experiencia STEM, dentro de una asignatura de Física común a varias titulaciones universitarias, tras una reducción sustancial del índice de suspensos en cada convocatoria, que se situaba hasta entonces en torno al 40%.

2.3. LOS FUNDAMENTOS DE LAS STEM

En apartados anteriores se han introducido algunas características de ese nuevo marco hacia el que se pretende hacer virar la enseñanza en las aulas, siempre basándose en los métodos STEM. En este apartado se irá definiendo esta novedosa metodología, indicando las aptitudes más relevantes que desarrollarán los jóvenes y las barreras para llevarlo a cabo.

2.3.1. Definición de STEM

Esta innovación educativa, nacida, como se indicó anteriormente, en EE.UU. por la falta de trabajadores en el sector científico y tecnológico, obtiene su nombre de las siglas STEM, que provienen del acrónimo en inglés de Science, Technology, Engineering y Mathematics (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). El fundamento para educar a través de STEM, como atestigua Sanders (2009), intenta aunar las cuatro disciplinas mencionadas, combinándolas entre sí a través de proyectos en los que puedan cooperar todos los miembros de las aulas, sin discriminar a ningún estudiante por sus dificultades o necesidades, y favoreciendo un entorno propicio para la interacción social.

A pesar de tener la intención de abordar ese aprendizaje contemplando los cuatro campos mencionados, Lantz (2009) observó que solo se tiende a trabajar en dos de ellos, especialmente en el relevante contexto americano. Existe un empoderamiento de la 'M' y la 'C', es decir, existen algunas barreras que favorecen este tipo de aprendizaje mediante la conexión entre las Matemáticas y las Ciencias, pero dejan de lado la 'Ingeniería' y la 'Tecnología'. El motivo para dejar en la estacada estos dos campos guarda una estrecha relación con el desembolso inicial, con el que hacer frente a los inevitables equipos informáticos, laboratorios, entornos de simulación, así como a una obligatoria formación del profesorado.

2.3.2. Barreras a la implantación de la metodología STEM

Desafortunadamente, estas trabas constatadas en el contexto anglosajón no son un caso aislado, acrecentándose dentro del ámbito educativo español. Por una parte, Lantz (2009) hace hincapié sobre la existencia de acepciones erróneas en lo que concierne a los conceptos de 'aprendizaje' e 'investigación', asegurando que los docentes, quienes, además, entienden las STEM como una moda pasajera, no suelen comprender la posible interacción entre ambos términos. Este rechazo a la investigación educativa se acrecentaría por la dificultad y el conflicto que entrañaría la elección de un tema específico sobre el que desarrollar el taller STEM. Posiblemente, en el aula habrá varios alumnos con una diversidad de gustos, por lo que el tópico adoptado para la experimentación podría no gustar a todos, haciendo que algunos no muestren demasiado interés y no se elimine el problema de la desmotivación. Al mismo tiempo, la evaluación de los contenidos sería más compleja que con los tradicionales exámenes, pues, como aseguran Mevarech y Kramarski (2014, en Araya, 2015, pág. 296), "la metodología cooperativa no siempre cumple su potencial por la dificultad de controlar y evaluar el aprendizaje en actividades colaborativas"

Por otro lado, esta metodología requiere una docencia coordinada entre profesores de diversos ámbitos, lo que supone nuevas dificultades para los profesores. Es obvio que para un docente licenciado en Matemáticas, que además imparte esa asignatura, va a ser una ardua tarea el diseñar un taller STEM, a través de un proyecto de Biología o Tecnología, para que los adolescentes puedan desarrollar un determinado concepto curricular. Según Lantz (2009) el problema reside en la falta de correlación entre el conocimiento que tiene un profesor sobre las asignaturas en las que podría impartir docencia, de acuerdo a su titulación, y el tema, ajeno a su campo, ideal para abordar un contenido. En conclusión, el mejor remedio sería facilitar la entrada de dos profesores, cada uno de una especialidad, en algunas sesiones STEM y compartir su conocimiento.

2.3.3. Las STEM y el Aprendizaje Basado en Proyectos. Interdisciplinaridad y aprendizaje cooperativo.

A pesar de todos los inconvenientes señalados, la metodología STEM conlleva determinadas ventajas, como se mostrará en esta sección (véase también sección 4 para un ejemplo concreto). Así, con esta forma de aprendizaje, los alumnos desarrollarán múltiples capacidades, como detalla Morrison (2006, en Lantz, 2009). En primer lugar, se trata de simular un futuro entorno de trabajo, donde los alumnos han de predecir o interpretar las necesidades de los clientes o de la sociedad, para desarrollar posteriormente un proyecto que solvete esas carencias. Para optimizar todo el proceso, los estudiantes tendrán que incrementar su capacidad de trabajo en equipo, a la vez que irán ganando confianza en sí mismos al percatarse de las aportaciones que ellos son capaces de hacer para lograr abordar el proyecto. Así, se destierra de las aulas esa arraigada costumbre de trabajo individual, esa arcaica metodología que, como señala Pujolás (2005), solo fomenta la rivalidad entre los compañeros y empeora el rendimiento académico. Sin embargo, cuando se agrupan de manera heterogénea para trabajar, los jóvenes pueden alcanzar objetivos más ambiciosos.

En segundo lugar, en este contexto metodológico van a tener que recurrir siempre a la lógica y la indagación, alejándoles de la monotonía y falta de pensamiento crítico, propias de las clases tradicionales. Además, a través de su propio esfuerzo, los alumnos irán avanzando en el proyecto STEM mediante la aplicación de contenidos curriculares, siendo, por tanto, ellos mismos los que vayan recordando y profundizando en los conocimientos previamente adquiridos. Todas estas peculiaridades, es decir, el trabajo cooperativo en un entorno laboral simulado y la capacidad autodidacta para afrontar un proyecto, no tendrían éxito si los jóvenes no aprendieran gracias a la interconexión de varias asignaturas. En efecto, todo proyecto de investigación que se enmarque en un contexto más o menos realista no va a poder abordarse exclusivamente desde la perspectiva de una única disciplina científica, porque el mundo real, y los problemas que este puede plantearnos, es, claramente, polifacético. En

resumen, es preciso favorecer una metodología que no aisle los contenidos de unas u otras disciplinas del itinerario de Secundaria.

2.4. Las STEM en el currículo español de Matemáticas

A pesar de las innumerables ventajas que aportaría la inclusión de las STEM dentro de los programas educativos, la normativa vigente apenas contempla de una forma precisa y esclarecedora esta necesidad, tan solo una pequeña mención dentro de la asignatura de Tecnología. De todas formas, analizando detenidamente el Decreto 38/2015, de 22 de mayo, parece que el currículo de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria sí que obliga a cumplir algunos requisitos que se corresponden, hasta cierto punto, con las premisas perseguidas por las STEM.

De acuerdo al Decreto 38 (2015), se establecen una serie de principios que los alumnos han de trabajar en su etapa de tránsito por los distintos niveles de la ESO y Bachillerato. Sin embargo, dada la forma en que se estructuran las materias, los docentes y alumnos van a tener gran complejidad a la hora de desarrollar estas aptitudes ocultas dentro del currículo. Echando un vistazo al abstracto tratamiento de las STEM dentro de la legislación, el Decreto 38 (2015) promueve, dentro de la sección de 'Orientaciones Metodológicas', que la metodología:

[...] será fundamentalmente activa y participativa, favorecerá el trabajo individual, el colaborativo y el cooperativo y la reflexión tanto individual como grupal de los alumnos en el aula. Desde esta perspectiva, se promoverá el aprendizaje interdisciplinar de investigación basado en la solución de problemas, los métodos de trabajo cooperativo y los grupos interactivos.

Si comparamos estos principios que se acaban de citar con los fundamentos de los métodos STEM recogidos en 2.3, se puede corroborar que existe una amplia correlación entre ambos escenarios. Así, la normativa hace hincapié en el trabajo colaborativo, la reflexión individual, la investigación y la interdisciplinariedad entre las asignaturas del currículo, características que se

ajustan en gran medida a las cualidades que requieren las STEM. De tal manera, parece que los profesores deberían, con un carácter casi obligatorio, instaurar esta metodología en sus sesiones lectivas.

2.5. Modelización de aspectos cotidianos mediante STEM

Todo lo explicado anteriormente, va a estar siempre apoyado por esa forma de trabajo basada en la 'modelización', la cual se fundamenta en el acercamiento de los contenidos, combinando los de diferentes asignaturas, a casos reales de la vida diaria de los jóvenes. El interés de los alumnos por formarse en lo académico, como reflejaban Becker y Park, (2011, en García, Reyes, Burgos, 2017), va en aumento cuando perciben la verdadera utilidad de esos contenidos.

Como aseguran Bosch, Bergero, Regner, Rampazzi y Segura (2012) con toda generalidad, la adquisición de conocimiento se podría basar en el desarrollo de hipótesis que solucionasen o analizaran problemas reales del mundo, sin olvidar que habría que entrelazar diversos campos de conocimiento. Para cumplir este objetivo, los cambios deberían llegar más allá del interior de cada centro, ya que habría que modificar, según Fuentes y González (2017), la propia normativa vigente para la ESO que establece una separación muy notable entre las disciplinas impartidas en el currículo.

Teniendo en cuenta todo esto, se puede afirmar que el profesor ya no se puede basar simplemente en aquellos contenidos que el currículo le obliga a impartir en su materia, por lo que habrá que ir erradicando, de manera paulatina, esa enseñanza aislada de disciplinas, en pos de una educación que vaya relacionando, por ejemplo, los contenidos de Física con los de Biología o con los de Matemáticas. La modelización es, por excelencia, la herramienta que permite conectar varios campos de conocimiento, a la vez que familiariza a los alumnos con esa aplicación a casos reales, reflexiona Araya (2012, en Araya, 2015), despertando en los alumnos una gran satisfacción al advertir que esos ejercicios matemáticos no quedan solo en el papel, sino que tendrán una utilidad concreta.

El mismo autor se refiere, además, al nacimiento del concepto de 'ingeniería', es decir, una visión más aplicada de los fundamentos científicos como mecanismo para resolver las carencias que se puedan presentar en la sociedad y que motiva a los alumnos para que participen más activamente en el proceso de enseñanza.

2.6. La formación e implicación de los docentes para afrontar el reto STEM

A pesar de que, como se señala en un estudio CERI (2014, en Araya, 2015), los Planes de Innovación de los IES recogen frecuentemente aspectos relativos a las innovaciones educativas, sin la pertinente involucración de los docentes a título individual, pero también del conjunto de instituciones educativas, no se logrará la óptima implantación de los métodos de enseñanza STEM. Desafortunadamente, en Araya (2015) también señalan las reticencias de algunos docentes para compartir sus clases con otros compañeros de profesión, causa que añadida a las numerosas barreras ya mencionadas anteriormente, dificulta, aún más, la implantación de un modelo STEM.

"Por tanto, en el contexto educativo actual, el profesorado debe desplegar nuevas habilidades y maneras de plantear las estrategias educativas", mencionan Molas y Roselló (2010, en Fuentes, González, 2017, p.2). De aquí se puede percibir ese sobreesfuerzo que han de soportar los docentes para poder afrontar un giro en los métodos de enseñanza, sin los cuales no se podría desempeñar, correctamente, la labor en las aulas.

Parece que la culpa por la falta de arraigo de metodologías de enseñanza más innovadoras recae exclusivamente en la figura del docente. Sin embargo, las propias administraciones no facilitan la formación a los profesores para que se familiaricen con este tipo de enseñanza. Además, una actitud de rechazo de un aspecto innovador o un comportamiento incorrecto por parte de los alumnos, surgidos por uno u otro motivo, pueden perjudicar seriamente la implantación de aprendizajes más novedosos, como menciona Esteve (2003, en Fuentes, González, 2017).

Prestando atención a algunas actitudes indecorosas de los alumnos durante las clases, ya se mencionaba anteriormente que, con frecuencia, son fruto de la desmotivación y la frustración por no saber hacer o entender los contenidos. Por ello, aseguran Yakman y Lee (2012), las metodologías cooperativas STEM no solo permitirán a los alumnos ganar confianza en sí mismos por una mayor facilidad de aprendizaje, sino que obtendrán una gratificación por el hecho de ayudar a sus compañeros.

En resumen, resulta indispensable que los profesionales de la educación empiecen a manejar esas innovaciones lo antes posible, pues, ya se había demostrado que aumentaría la motivación de los alumnos, y se disminuiría el fracaso escolar. En consecuencia, los alumnos tendrían más tendencia a continuar el itinerario curricular, incluso hacia estudios superiores, como recogían Tarabini, Curran, Montes y Parcerisa (2015, en Fuentes, González, 2017). Para lograr este objetivo mediante las STEM, la complejidad de la tarea docente va a ir en incremento, así que irán necesitando, proporcionalmente, más formación en este campo (Darling, Hammond y Bransford, 2005; Escudero, 2006; Esteve, 2001, 2003; Esteve, Franco y Vera, 1995; Marcelo, 2007; Montero, 2004; Gimeno, 2002, en Fuentes y González, 2017).

Las dificultades y las necesidades específicas de formación para lograr el éxito del taller STEM se han puesto de manifiesto en los apartados 5.3 y 4.2 para la propuesta genérica que se recoge a lo largo del apartado 3. En el apartado 4.5 se plantearían algunos consejos para una simulación más ajustada al contexto real de una empresa.

3. UNA PROPUESTA STEM PARA EL APRENDIZAJE DE SISTEMAS DE ECUACIONES EN 4º ESO

Lo que se plantea con esta propuesta es lograr que los estudiantes de 4º de la ESO profundicen en el aprendizaje de los sistemas de ecuaciones de una manera más práctica y colaborativa. Todo ello ofreciendo una visión que relacione el estudio de este contenido curricular con diferentes aspectos de la

vida real, habiendo elegido en este caso el diseño de una red eléctrica de una habitación, sin entrar demasiado en los tecnicismos de este campo.

3.1. Presentación de las ventajas de esta propuesta STEM

A los estudiantes hay que dejarles claro cómo van a trabajar en el aula a la hora de presentar la propuesta. Se empezará mencionándoles todas las aptitudes que van a desarrollar gracias a la experiencia STEM, como son la cooperación con los compañeros, la realización de un proyecto y la interconexión entre asignaturas, la Tecnología y las Matemáticas Aplicadas para el currículo de 4º de ESO. También, que van a obtener una gran satisfacción por la ayuda altruista que ofrecerán al resto de los componentes.

A continuación, habrá que indicarles que los temas a trabajar durante el taller STEM se corresponden con lo que marca la legislación, pues, el Decreto 38/2015 (de 22 de mayo) recoge el siguiente contenido para materia de Tecnología:

Instalaciones características: Instalación eléctrica, Instalación agua sanitaria, Instalación de saneamiento. Normativa, simbología, análisis y montaje de instalaciones básicas.

Mientras que, para las Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Aplicadas, el decreto recoge el siguiente contenido de utilidad para esta experiencia:

Resolución algebraica de ecuaciones de primer y segundo grado y sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas. Resolución de problemas cotidianos mediante ecuaciones y sistemas.

Si se analizan detalladamente los contenidos del Decreto 38/2015, el lector se va a percatar de que los estudiantes seguirán en todo momento los contenidos y estándares definidos para ambas materias en los que respecta a los sistemas de ecuaciones e instalaciones eléctricas.

Una vez mencionadas las ventajas concretas de esta aplicación STEM en la asignatura de Matemáticas, habrá que especificar los requerimientos necesarios del proyecto, prestando atención a no saturar a los alumnos del

argot propio de la electricidad. Resultará de gran utilidad saber ganarse a los jóvenes, siendo todos estos aspectos mencionados un gran argumento para despertar su interés por participar en el proyecto.

3.2. Toma de contacto con los contenidos "eléctricos" previos

Una vez superada la ardua tarea de poner en antecedentes a los adolescentes, comienza la preparación previa para poder abordar con éxito el taller STEM. En primer lugar, se les va a pasar un cuestionario sobre conceptos previos de electricidad (véase Anexo 1), obteniendo así un conocimiento más exhaustivo sobre su dominio a cerca de los aspectos fundamentales de electricidad. En función de los resultados obtenidos, se preparará un dossier con los conceptos de electricidad más importantes que han de conocer y repasar (véase Anexo 2), teniendo en cuenta aquellas partes donde tengan más dudas o dificultades.

A continuación, se va a ir detallando la temporalización de las diferentes sesiones destinadas a este fin:

➤ SESIÓN 1:

Durante el comienzo se podrían presentar ciertas dificultades porque los estudiantes no suelen estar acostumbrados a trabajar juntos, y aún menos a participar en la ardua tarea de entrelazar contenidos de varias asignaturas. En consecuencia, será imprescindible destinar una parte de la clase para explicarles el proyecto y las ventajas que les aportará, tanto a nivel social, como laboral o personal. Para este día ya habrán entregado el cuestionario previo de electricidad, así que se les proporcionará el documento con los contenidos necesarios sobre tecnología de redes eléctricas, teniendo en mente las partes donde tengan más dudas.

El resto de la sesión habrá que destinarlo a explicar todo lo concerniente a la electricidad básica. Para esta clase, las mesas del aula mantendrán la disposición habitual, pues, va a ser necesario explicarles teoría, requiriendo que presten la mayor atención posible. A pesar de todo, hay que tratar de provocar la discusión y debate entre ellos sobre los temas que se pretende que desarrollen, de manera que las ideas las vayan proporcionando ellos.

El primer tema que se les introducirá estará compuesto por los conceptos de 'Intensidad (I)', 'Voltaje (V)' y 'Resistencia (R)', además de la Ley de Ohm que los relaciona. Se les debería contar que la intensidad, cuya unidad es el Amperio, surge como un movimiento de electrones cuando en una batería se aplica una tensión en voltios. Los electrones libres se mueven desde el polo negativo al positivo, aunque a efectos de resolución se tomaría el sentido contrario, generando en su camino esa corriente eléctrica que atraviesa los componentes del circuito. Todos los elementos que componen el circuito se van a oponer al paso de la intensidad con una resistencia que se mide en ohmios, y que se representa con el símbolo Ω .

Aprovechando este escenario, no se puede dejar de explicarles el concepto de 'corriente continua', indicándoles que consiste en ese movimiento de electrones que ya se comentaba, siguiendo siempre el mismo sentido y con un flujo constante.

Para terminar con la experiencia STEM, se pintará un circuito en la pizarra con una pila de corriente continua y una única resistencia. A partir de este esquema, se podrá fomentar la participación de los estudiantes para que obtengan ellos solos los valores de los parámetros de tensión, corriente o resistividad. Esta misma figura podrá ir añadiendo dificultad al asunto, sin más que ir colocando resistencias en paralelo o en serie, y repasando cómo se obtendría la equivalente, al tiempo que se observa lo que ocurre con el reparto de tensiones y corrientes entre todas ellas.

➤ **SESIÓN 2:**

Hay que tener en cuenta que, aparte del bloque de Álgebra, se puede conseguir que los alumnos se vean inmersos en la utilización de propiedades y representación de funciones elementales. El motivo, por una parte, es que se va a recurrir a la utilización de GeoGebra para resolver el sistema y van a poder comprobar cómo las coordenadas del punto de corte de ambas rectas en el plano es el que satisface las igualdades. Aunque sí qué habrá que mostrar en el encerado los tres métodos de resolución tradicionales de cara al examen.

Por otro lado, al expresar la tensión en función de la corriente se les va a aparecer una función lineal, del tipo punto-pendiente, que al pintarla tendrá la forma de una recta. Obviamente, con ambas utilidades se les pueden introducir y explicar las propiedades de la recta en cuanto a la 'pendiente' y la 'ordenada en el origen', así como la variación de esta al modificar dichos parámetros.

Ya que se estaban utilizando las TIC, habrá que aprovechar este escenario para efectuar una demostración más visual pintando la función lineal con GeoGebra y analizando posición y crecimiento al variar la 'pendiente' y la 'ordenada en el origen'. Como no podía ser de otra manera, y teniendo en cuenta que se encuentran rodeados de la vorágine de las funciones lineales, se les pueden plantear preguntas hasta que se percaten de la relación con la proporcionalidad lineal y la simetría de la gráfica, impar respecto al origen en este caso.

Se aprecia, una vez más, el amplio uso de las STEM con el objetivo de explicar matemáticas a partir de casos reales, al tiempo que se combinan los contenidos entre sí. De tal manera, este tema eléctrico daría para ahondar más en el ámbito de las funciones. En esta sesión, se repasará de nuevo el concepto de corriente continua, cuya representación era una función constante, pudiendo llegar a ella al pintar una recta con GeoGebra y haciendo que la pendiente se vaya acercando a cero hasta su anulación.

Sin embargo, los circuitos reales de las viviendas, fábricas o el propio ferrocarril no van a estar alimentados por corriente continua. Entonces, para terminar esta sesión se los explicará el concepto de 'corriente alterna', indicando que en este caso los electrones que generan la energía no son constantes ni se mueven siempre en el mismo sentido. Este tipo de corriente eléctrica se modelizará mediante una curva sinusoidal, la cual resultará de gran utilidad para introducir el término de 'periodicidad' y 'frecuencia de señal', aunque solo se va a trabajar con el primer tipo de corriente eléctrica por su mayor simplicidad. Para completar la interpretación de la periodicidad, por muy ducho que el docente sea con la representación en la pizarra, resultaría muy conveniente que el

profesional de la educación preparase una pequeña aplicación de GeoGebra para una visualización óptima de dicha propiedad. En esta segunda sesión, los alumnos también se van a sentar de manera individual, aunque toda la teoría hay que ir obteniéndola a través de la participación y el diálogo entre los alumnos, incentivándolos a significarse en el coloquio, tras comprobar que entre todos poseen una gran cantidad de conocimiento.

➤ **SESIÓN 3:**

Antes de comenzar la clase, a pesar de dedicar una pequeña parte a repasar e introducir el último contenido teórico, se van a ir organizando en grupos. Lo aconsejable es que cada agrupación no exceda los cinco miembros, juntando estudiantes de manera heterogénea para favorecer una correcta inclusión de todos los alumnos con diferentes necesidades.

El último concepto eléctrico que se va a trabajar es la potencia consumida por un componente del circuito en función de la intensidad (I), voltaje (V) y la resistividad (R) del mismo. Partiendo de la fórmula básica de la potencia (P) donde se establece que $P = V \cdot I$ y aplicando la Ley de Ohm, que recogía que $V = R \cdot I$, al tiempo que se fomenta la participación de los integrantes del aula, se podrá demostrar que $P = R \cdot I^2$, siendo R un valor constante. A la vista de esta función, cuando los estudiantes la pinten podrán vislumbrar que se trata de una parábola y, a modo de diálogo entre ellos, se procederá a ir trabajando las simetrías pares, las traslaciones y la concavidad de la curva.

Ya es el momento de que se pongan a trabajar en grupos, Por todo ello, se cree pertinente la realización previa de una serie de ejercicios para tener una primera toma de contacto con los cálculos de corrientes en circuitos sencillos, en los cuales solo aparecen resistencias. A tal efecto, se les facilitará una pequeña colección de ejercicios en un documento (véase Anexo 3) donde los jóvenes van a tener la oportunidad de cooperar, ligeramente arropados por el docente, e ir observando cómo salen ecuaciones de primer grado y posteriormente sistemas cuando tratan de resolver los ejercicios planteados.

Sería conveniente explicarles el concepto de malla de un circuito eléctrico, asemejándolo con todo camino cerrado que pueda ser recorrido dentro del mismo. En el primero de los ejercicios del citado Anexo 3, los estudiantes se enfrentarán con un circuito que tiene un único camino cerrado, y aunque lo podrían resolver de una manera francamente sencilla, sería más indicado explicarles la Ley de Kirchhoff donde la suma de tensiones de un camino cerrado es igual a cero, obteniendo una ecuación de primer grado cuya incógnita sería la corriente. De tal manera, resultaría útil arrancar el ejercicio en el encerado pintando un muñeco en la parte inferior de la malla. La clave sería ir anotando los voltajes con los que el muñeco se vaya topando en su recorrido hasta alcanzar el punto de partida. Donde exista una fuente de alimentación ya se conocerá el valor del voltaje, mientras que en las resistencias la tensión va a quedar en función de la corriente. Una vez que se empieza la ecuación, se les deja a ellos que la terminan, haciéndoles hincapié en los sentidos que tendrán la tensión y la corriente. Finalmente, los alumnos se percatarán que existe una ecuación de grado uno, cuya incógnita es la intensidad. En este escenario, los alumnos se podrían desconcertar, pues, la incógnita no va a ser la habitual 'x', sino la corriente. En esta primera toma de contacto podría ser adecuado efectuar cambios de variable para facilitar la resolución.

➤ **SESIÓN 4:**

Temporalmente, se dejará de lado el segundo ejercicio del Anexo 3 que entraña una mayor dificultad al contener una pareja de mallas. Para una mayor preparación de los estudiantes, se aconseja la realización de un ejercicio complementario que se acerque en mayor medida al proyecto STEM (véase Anexo 5), todo depende del tiempo que haya, de acuerdo a la temporalización de la asignatura. En esta hipotética práctica, en la que seguirán trabajando en grupos, ya no se da el circuito con los componentes eléctricos, lo que se ofrece es un esquema funcional con electrodomésticos y otros aparatos que puedan existir en cualquier vivienda. Se les ofrece a los estudiantes la resistencia equivalente de cada uno de ellos, de manera que los jóvenes tengan que plantear el circuito eléctrico del que ya puedan obtener la corriente. Lo

recorrerían con la técnica del muñeco ficticio hasta despejar la intensidad de la ecuación de primer grado. Además, se les pediría que dibujen la recta resultante de representar la tensión en función de la corriente, así como la parábola que muestra la potencia en uno de los componentes en función de la variable de la intensidad.

Habrá que meterse de nuevo con el segundo problema del Anexo 3, donde ya tienen un caso con dos mallas y calcularán la intensidad de cada una de ellas. Posiblemente, sería aconsejable hacer un breve repaso sobre sistemas de ecuaciones y métodos de resolución. A continuación, entre todos los integrantes de cada grupo han de detectar que las corrientes de cada camino cerrado son las incógnitas, indicando los sentidos correctos. Posteriormente, y ayudados de la técnica del muñeco que circula de manera ficticia por cada malla, los estudiantes obtendrán la ecuación resultante de cada malla. Finalmente, obtendrán un sistema con dos ecuaciones, donde las dos incógnitas son las corrientes mencionadas. Al haber efectuado un repaso previo de los métodos de resolución de los sistemas de ecuaciones, ya podrán despejar los valores de dichas intensidades. Podrían surgir ciertas complicaciones cuando las incógnitas ya no sean la 'x' y la 'y', por lo que sería aconsejable efectuar un cambio de variable para esta primera aproximación con la metodología.

3.3. Proyecto de electrificación de una vivienda

Centrándose en la experiencia STEM, lo que se plantea es trabajar desde una visión abstracta sobre la instalación eléctrica que los estudiantes puedan tener en su vivienda, en la cual habrá una fuente de alimentación y una serie de dispositivos conectados con sus respectivas resistencias equivalentes. Para este caso concreto, se quiere dar respuesta a las quejas de algunos padres por el abusivo consumo de energía de los equipos informáticos que usan sus hijos, en unas ocasiones para estudiar, y en otras para jugar en línea con sus amigos. De tal manera, se les va a plantear un pequeño proyecto para que procedan a calcular la potencia consumida por su ordenador de mesa en función de la corriente. Para agilizar la resolución del proyecto, se les facilitaría

un boceto detallado del circuito eléctrico de una casa estándar, similar a otros que ya hayan podido ver en la asignatura de Tecnología.

A partir de este punto habrá que abordar el proyecto sobre la instalación eléctrica de la habitación de un estudiante. No se va a complicar demasiado en aspectos técnicos, simplemente habrá una fuente de tensión continua, una lámpara de techo, otra de mesa de noche, un ordenador y un motor del ventilador. El esquema funcional podría ser el que se indica a continuación:

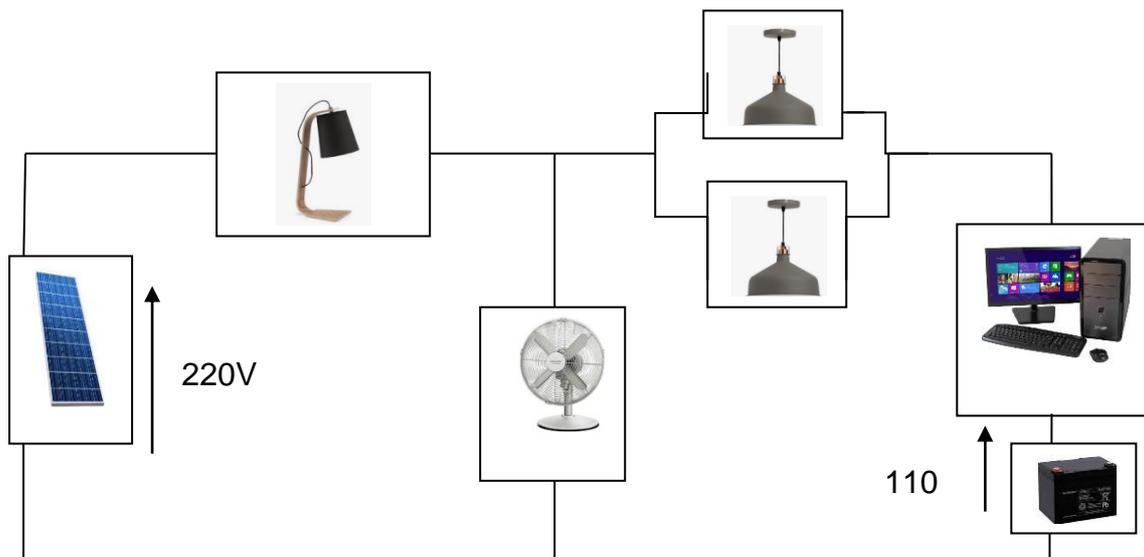


Figura 0. Esquema eléctrico de una vivienda.

Todos los detalles sobre los que tendrán que trabajar los estudiantes se les ofrece en un documento (véase el Anexo 4), el cual deberán entregar al finalizar las sesiones.

Ya se ha visto trabajar a los grupos, de manera que ya se van a conocer las necesidades o ventajas que presentan unos alumnos frente a otros. Se pretende simular un escenario lo más parecido al de un grupo de trabajo en una empresa, al tiempo que se favorece la inclusión de todos los estudiantes del aula. Por lo tanto, conociendo de antemano la actitud de cada uno, se procederá al reparto de los roles correspondientes. Quizás, lo más conveniente sea otorgar un rol de jefe de proyecto al que parezca más aventajado, otros dos estudiantes a modo de técnicos que se encarguen del diseño del circuito eléctrico y algunos cálculos, dando más peso al cuarto miembro, como si fuera

un becario en una factoría real, en la parte de simulación eléctrica. Sin olvidar que todos han de aportar su grano de arena en cada una de las partes del plan.

Para tratar de optimizar el tiempo disponible para esta metodología de aprendizaje, se repartirán equitativamente los diferentes hitos del proyecto entre cuatros sesiones de trabajo, como se muestra en la parte inferior:

➤ **SESIÓN 5:**

Partiendo del citado Anexo 4, en esta primera fase los estudiantes van a escuchar al profesor, como si fuera un cliente que presenta una necesidad. Se les dará una serie de detalles sobre la tarea, como ya se explicaba en el documento entregado, indicándoles que tienen un circuito eléctrico de una vivienda con una serie de equipos que consumen energía. Además, se les dan los valores resistivos de cada uno de ellos. Por lo tanto, el primer hito será interpretar el esquema eléctrico y obtener el circuito *multifilar* equivalente, el cual dibujarán en el apartado primero de la ficha.

Posteriormente, teniendo presente que esta sesión sería conveniente desarrollarla en el laboratorio de Tecnología, los estudiantes utilizarán un simulador electrónico para representar el circuito. Esto resultará de gran utilidad, pues, ya se podrán conocer los valores de las corrientes para compararlas con las que se obtengan por la vía matemática.

➤ **SESIÓN 6:**

Se continuará trabajando en grupo, aunque esta vez de vuelta en el aula de Matemáticas. En la clase anterior, los alumnos ya representaron el dibujo con las dos mallas y obtuvieron el valor de las intensidades que circulaban por ellas, apoyados por el simulador informático de circuitos. Llegados a este punto, los grupos han de obtener las expresiones que reflejan los voltajes de cada una de las partes del circuito, consiguiendo el sistema de ecuaciones esperado, donde las incógnitas eran las dos corrientes. La idea es que se decanten por un u otro método de resolución del sistema, pudiendo incluso

recurrir a la calculadora para este fin, tal y como especifica uno de los estándares de aprendizaje de su currículo.

➤ **SESIÓN 7:**

De vuelta en el taller de Tecnología, los grupos tendrán como hito la comprobación del resultado obtenido para las intensidades a través de GeoGebra. El profesor habrá diseñado una aplicación mediante esta herramienta, gracias a la cual los estudiantes podrán resolver el sistema de manera gráfica, verificando por tercera vez las corrientes obtenidas para el circuito. Llegados a este punto, se podría destinar una parte de la sesión para que algunos grupos subsanen pequeñas dudas en la resolución del sistema o en la del circuito. Por otro lado, dependiendo del tiempo disponible, se podría plantear la representación de la parábola que muestra la variación de potencia en función de la corriente, efectuando traslaciones y cambios de concavidad con la aplicación. Ya estaría consolidada la antesala para obtener la potencia consumida por el ordenador, recurriendo al simulador eléctrico, a GeoGebra y al cálculo matemático a partir de la intensidad.

➤ **SESIÓN 8:**

Como colofón a todas estas experiencias, los estudiantes deberán enfrentarse individualmente a un par de Kahoots. En el primero de ellos, los jóvenes se enfrentarán a preguntas (véase Anexo 8) donde se evaluará la capacidad de relación entre contenidos matemáticos y eléctricos. En el segundo, se les dará la oportunidad de dar su opinión sobre la experiencia vivida, pudiendo ofrecer ideas para mejorar las futuras experiencias (se ampliará información sobre las opiniones con Anexo 6).

4. DESARROLLO CONCRETO DE LA PROPUESTA EN UN IES

Toda esta propuesta STEM planteada en el apartado anterior, en la que se comentaba la forma en que se iban a entrelazar dos ámbitos académicos mediante el trabajo cooperativo, habrá que extrapolarla a un escenario real dentro de un IES, comprobando, así, su aprovechamiento por los estudiantes.

4.1. Contexto socio-económico del centro y los alumnos

El taller STEM se ha efectuado con un grupo de 4º de la ESO, en concreto 4ºC, dentro de la asignatura de Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Aplicadas. Por su parte, el centro elegido ha sido el IES la Granja, ubicado en la localidad de Heras en el término Municipal de Medio Cudeyo. Este centro imparte enseñanza reglada de ESO, así como las especialidades de Bachillerato Humanístico o Ciencias Sociales y Científico-Tecnológico. Los aproximadamente 400 alumnos acuden en la mayoría de los casos desde las diferentes poblaciones que conforman la Comarca de Trasmiera, una extensa área rural situada en el arco Sur de la Bahía de Santander. De manera tradicional, las familias vivían del sector primario, en su mayoría del vacuno de leche, combinado, en un reducido número de casos, con empleos en el limitado sector fabril de la zona. Sin embargo, los tiempos están cambiando y la cercanía con zonas más pobladas e industriales están inclinando la balanza en favor de empleos más relacionados con el sector secundario o terciario, como bien se recoge desde el centro en el proyecto PIIE¹ (2019). En consecuencia, actualmente es más habitual encontrarse con familias que desarrollan su actividad en fábricas o establecimientos hosteleros, pero que apoyan su economía con reducidas explotaciones agropecuarias, especialmente en el ámbito del vacuno de aptitud cárnica, incluso algunas cabezas de ovino. Por otra parte, sigue existiendo aún ese importante espectro de alumnos cuyos progenitores buscan su único sustento en grandes explotaciones ganaderas de producción láctea.

En cuanto a la actitud de las familias hacia sus hijos, dejando a un lado algunos escenarios más complejos que se tratarán, se puede establecer que tienen una gran preocupación hacia ellos, dándoles todos los medios que tienen a su alcance para contribuir a la correcta formación de sus primogénitos. Así, es habitual que estos adolescentes dediquen parte de su tiempo de ocio a practicar algún tipo de deporte, entre los que se podrían destacar el surf, la vela, fútbol o baloncesto. Además, en lo académico tienden a reforzar sus estudios con todas las clases privadas que sean necesarias, allanándoles el

¹ Desarrollado por la Comisión del PIIE de La Granja y accesible por el profesorado del centro.

camino en aquellas disciplinas que les presenten más dificultad, al tiempo que complementan con algunas clases de idiomas o artes.

Desafortunadamente, este escenario aparentemente ideal no se extiende al total de los alumnos, pues, el grupo con el que se ha desarrollado esta actividad tiene un amplio abanico de singularidades, si bien es precisamente uno de los motivos principales por el que han sido seleccionados para participar en el taller STEM, tratando de incrementar su motivación por el aprendizaje. Los contextos familiares donde el medio de subsistencia es la ganadería presentan el inconveniente de involucrar a todos los miembros para ayudar en las tareas, a pesar de los avances tecnológicos en el sector agrario. De tal manera, hay algunos alumnos de este grupo que tienen escaso interés por aprender en el aula, como consecuencia de la sobrecarga de trabajo que sus animales les acarrearán, teniendo ya desde muy jóvenes la inclinación de seguir desempeñando su etapa profesional en el sector agrario, al igual que ya lo hicieran sus antepasados. Curiosamente, dentro de estas situaciones son las familias las que más animan a los hijos a que sigan estudiando, de tal manera que algunos acaban cediendo y comienzan a pensar en matricularse en alguna familia de las que ofrece la Formación Profesional. Aun así, algunos están decididos a no afrontar la ESO en pos de trabajar en el campo cuando la edad les permita abandonar el IES, viendo su permanencia en el aula como una pérdida de tiempo.

Por otro lado, existen algunos alumnos que quieren formarse, pero han ido acarreando dificultades en los cursos anteriores de la ESO, de modo que los orientadores han decidido que se matriculen en las Matemáticas Aplicadas, dada la mayor facilidad frente al otro itinerario curricular. Algunos de ellos ya han estado en grupos de PMAR en años anteriores y pueden presentar algunas dificultades en otras materias. Aquí se englobarían aquellos que en el pasado podían suspender porque tenían dificultades para comprender los contenidos matemáticos, aunque se pueden apreciar otros jóvenes cuyo problema radica en la dificultad de concentración, desmotivación o falta de interés.

Por último, hay otros contextos mucho más dramáticos, donde los chicos y chicas están lejos de poder estar arropados por un entorno familiar idóneo. Por diversos motivos, algunos jóvenes son apartados de sus familias y pasan a vivir en instituciones tuteladas bajo el amparo de los Servicio Sociales de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Este hecho acarrea una inestabilidad que influye negativamente en su desarrollo psicosocial y en la formación académica. Hay tres chicas en esta situación, las cuales presentan alguna dificultad en Matemáticas, aunque tienen gran interés y constancia por superar la materia.

Bajo toda esta casuística de circunstancias adversas, parece completamente recomendable y viable emprender algún tipo de programa que favorezca esa inclusión de todos los alumnos. El taller STEM parece el mecanismo ideal para tratar de sobrellevar las necesidades de todos ellos, al tiempo que se despierta esa motivación por no abandonar la vida educativa temprana, escudados por la dificultad con la que suelen argumentar los jóvenes cuando se les habla de Matemáticas.

4.2. Problemas para la experimentación STEM.

Algo complejo a la hora de implementar este tipo de prácticas en el aula recae en la elección del tema, una decisión fundamental de cara a combinar con el contenido curricular de Matemáticas y que despierte el interés de los jóvenes. La mayoría de los alumnos se van a decantar por continuar con titulaciones de Formación Profesional relacionadas con Mecanizado, Calderería, Informática o Comunicaciones, si bien es cierto que una pequeña parte está interesada en continuar con Bachillerato Artístico o de Ciencias Sociales. Desafortunadamente, es casi imposible efectuar un taller STEM que esté relacionado con un tema que guste a todos, aunque dada la inclinación del grueso del aula por formarse en una profesión de las ramas anteriores, se creyó oportuno decantarse por una experiencia donde se aplicasen temas de electricidad. En la mayoría de las titulaciones de Formación Profesional por las que muestran interés, los estudiantes se van a tener que enfrentar con máquinas y diseño de redes eléctricas. Esta circunstancia, unida a que también

es un contenido de la disciplina de Tecnología de su currículo, hace que la modelización de la electricidad sea un tema idóneo para explicar algunos conceptos del contenido de Matemáticas.

Por supuesto, cuando se les empezó a plantear la idea, a los jóvenes estudiantes no les pareció para nada una buena decisión. Aparecieron varios inconvenientes de manera repentina, interponiendo ciertos obstáculos para alcanzar los hitos establecidos. Por una parte, a algunos alumnos que quieren continuar con el Bachillerato no les atraía la idea de centrarse en electricidad dentro de la asignatura de Matemáticas, pues, esta muestra de escolares tenía el pensamiento de que iban a perder el tiempo y no iban a poder profundizar en todos los contenidos que les iban a facilitar el paso a los estudios superiores. Fue un aspecto que costó bastante tratar con ellos, lo que se les planteó era ver que en sus futuros estudios no iban a aplicar sistemas, funciones o polinomios en ejercicios aislados, sino que aparecerían en escenarios relacionados con Economía, Tecnología u otros. Además, se trató de que vieran que la normativa que regula su currículo establecía que deben aprender a resolver casos reales, trabajar en equipo y desarrollar la interdisciplinariedad entre asignaturas, como ya se mencionaba anteriormente.

Esta no fue la única traba que surgió a la hora de implementar esta metodología, el trabajo en equipo no comenzó con demasiado éxito. Algo que ya había adelantado la coordinadora de los PIIE, y que se tuvo el infortunio de experimentar, fue la forma asíncrona con la que los estudiantes trabajan durante las primeras sesiones cooperativas. Tampoco es de extrañar, ya que ellos no tienen esas capacidades demasiado interiorizadas porque en la mayoría de las clases se dedican a escuchar al profesor y ver complejas resoluciones de ejercicios. Como ya había previsto dicha docente, los jóvenes más aventajados no iban a ayudar demasiado a sus compañeros y los que presentasen algunas dificultades no tenderían a lanzar preguntas, sino a quedarse pasivos e impotentes ante esta situación. No solo eso, sino que algunos estudiantes manifestaban durante las dos primeras sesiones que iban a perder el tiempo al sentarse de esta manera. Con el transcurrir de las clases

ya se conocían mejor las capacidades y necesidades de todos los alumnos, aspecto relevante para una óptima organización de los equipos de trabajo. Por ello, durante la fase de preparación inicial hubo que llevar a cabo algún cambio en los grupos, como mecanismo para lograr esa heterogeneidad en los mismos. Quizás, esta situación inicial tan compleja vaya cambiando cuando todo el entorno escolar efectúe de lleno ese cambio para lograr un balance entre la metodología tradicional y la basada en proyectos cooperativos. Y es que este taller STEM no solo se pretende incluir dentro del programa educativo del centro porque ciertos estándares de aprendizaje lo establezcan, sino porque el propio PIIE (2019) del centro establece que:

Se ve necesario introducir cambios metodológicos que favorezcan la inclusión y el éxito educativo de todo el alumnado, a través del trabajo cooperativo, el aprendizaje por proyectos, la tutorización entre iguales, la docencia compartida [...].

Obviamente, lograr que los estudiantes mejoren su rendimiento a través del aprendizaje por proyectos tiene que ir acompañado de un rotundo cambio en los instrumentos de evaluación. Cuando la nota consta en un 80% de un examen basado en la mecanización de ejercicios, parece evidente que no queda demasiado tiempo para dedicar al aprendizaje de contenidos matemáticos implementándolos dentro de casos reales.

Por otro lado, los estudiantes no tienen el hábito de aplicar contenidos de unas materias a otras, dificultando una vez más el correcto desarrollo de esta experiencia. Algunos incluso se quejaban por ese reto añadido que supone obtener una expresión matemática a partir de un caso verídico de un proyecto, el cual está íntimamente ligado a los contenidos de Tecnología de 4º de ESO.

Como conclusiones generales al inicio del taller, cabría destacar ese alejamiento que existe aún con la rutina de cooperar entre los alumnos de cara a meditar y pensar en escenarios donde se apliquen los conceptos matemáticos que estudian, así como la ausencia de confluencia entre las diferentes disciplinas curriculares. Hay que tratar de corregir estas costumbres,

ya que a cualquier docente le debería entristecer el hecho escuchar a los jóvenes que van por obligación a clase por la falta de motivación que acarrear unas lecciones magistrales tan monótonas donde trabajan de forma individual y competitiva, y cuyo único objetivo reside en aprobar el examen. De todas formas, aunque los docentes tienen que cambiar esa cultura interior para fomentar la motivación y la participación, son las propias instituciones educativas las que han de apoyar ese cambio. Es evidente que, si la meta principal de la ESO es obtener un título a través de exámenes, los profesores están ciertamente limitados para progresar en su forma de impartir docencia.

4.3. Preparación previa al taller STEM

Como ya se ha comentado en el punto anterior, el comienzo de esta experiencia estuvo plagado de piedras en su camino hacia la superación de los hitos establecidos, desembocando en una serie de modificaciones sobre la marcha para hacer frente a dichos obstáculos.

En concreto, durante las primeras sesiones hubo que dejar de lado la organización de grupos a favor de un reparto de los alumnos por parejas. Bajo mi punto de vista, ha sido más productiva esa disposición de trabajo, acompañada siempre por un diálogo participativo entre todos y mediado por la figura del docente. De esa manera, se incrementó la participación de todos al plantear cuestiones el profesor, las cuales iban siendo respondidas entre todos. Fue durante esta especie de coloquios donde más se pudo ahondar en los temas relacionados con matemáticas, poniendo especial hincapié en la aproximación de ciertos comportamientos de magnitudes eléctricas mediante curvas matemáticas. Se podría afirmar que este debate entre todos permitió llegar a importantes conclusiones sobre propiedades fundamentales de las funciones. Sin embargo, la obtención del sistema de ecuaciones a partir del circuito eléctrico y la resolución matemática y gráfica fue más provechosa en grupo. Para obtener las dos soluciones del sistema aparecieron ciertas complicaciones para operar los números, una vez más la falta de costumbre jugó una mala pasada. Los estudiantes, cuando resuelven los ejercicios de clase, están acostumbrados a que los números que aparecen vayan teniendo

cierta concordancia, pues, así suele estar dispuesto. Sin embargo, cuando se enfrentan a un caso real como este no se tiene en cuenta los números, simplemente se trata de reflejar el comportamiento que sigue el modelo, en este caso la intensidad a su paso por el circuito. Afortunadamente, tras vencer la batalla a estas complejas operaciones y efectuar algunas simplificaciones, algunos grupos obtuvieron las operaciones con cierto rigor ayudándose de calculadoras, unos pocos pudieron pintar la solución en la pantalla del PC con ayuda del profesor y recurriendo a la herramienta GeoGebra.

Sin olvidar todas estas consideraciones anteriores con tan relevante impacto, se pasará a mostrar cómo se han ido desarrollando las sesiones para el proyecto STEM y qué resultados se han ido logrando.

Días antes de comenzar esta experiencia, se les planteó un sencillo cuestionario previo para cumplimentar en casa (véase Anexo 1), en el que los estudiantes podían mostrar los conocimientos que poseen sobre los contenidos de electricidad que se van a implementar durante estas clases. Los resultados que se reflejaron a través de este primer paso fueron muy dispares, destacando algunos con una considerable noción sobre esta disciplina tecnológica, mientras que otros presentan fuertes lagunas. A continuación, se muestran algunas imágenes del formulario con sus respuestas:

The image shows two screenshots from a questionnaire. The left screenshot contains two questions with handwritten answers. The right screenshot contains a question about Ohm's Law, a circuit diagram, and handwritten calculations.

2. ¿Conoces alguna relación entre la electricidad y los fundamentos matemáticos que describen su funcionamiento?
Que la electricidad se resuelve con álgebra

3. ¿Sabrías explicar brevemente el concepto eléctrico de intensidad o corriente, así como la unidad en que se mide?
Es la cantidad de carga eléctrica que pasa por un circuito, se mide en Amperios

8. Según la Ley de Ohm, debes calcular la corriente en amperios que pasa por la resistencia si hay una fuente de alimentación de 1V. Dibuja la corriente que pasa por el circuito en el sentido correcto. Nota: Las flechas representan la tensión en la fuente de alimentación (izquierda) y en la resistencia (derecha).

The circuit diagram shows a 1V DC source on the left and a 100Ω resistor on the right. Handwritten calculations show $I = \frac{V}{R}$ and $I = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ A}$.

Figura 1. Ejemplos de respuestas en el cuestionario previo.

En la primera sesión ya se habían recabado los resultados del cuestionario inicial, así que se empezó con la preparación previa del taller STEM. La falta de tiempo por completar el currículo, además de las pegadas ya mencionadas, parecía otro problema constante en el aire, aunque se trató de hacer ver a los

profesores que esta innovación debería ser concebida como otra variante para impartir los contenidos. Toda esta aventura se inició con la explicación de lo que se quería hacer en la clase con los alumnos, es decir, aprender contenidos matemáticos a través de otra metodología que les iba a aportar gran valor añadido, tanto de cara a sus futuros empleos, como a entablar una relación más cercana con sus compañeros y a fomentar su capacidad de pensamiento y autocrítica.

Más tarde, se comenzó a trabajar sobre los primeros conceptos de electricidad que iban a necesitar, apoyándose en la participación y el diálogo de todos los miembros del aula. Ellos iban observando el documento entregado con la teoría (véase Anexo 2), al tiempo que lo iban complementando con los comentarios que se iban aportando, así como algunos esquemas y gráficos aclaratorios en el encerado. A pesar de las reticencias iniciales de los alumnos, la clase continuó con importantes coloquios donde iban saliendo ideas muy interesantes, tales como la interpretación de la potencia eléctrica como una parábola con simetría par o la representación de la Ley de Ohm mediante una recta, donde ya se introdujeron los conceptos de pendiente y ordenada en el origen.

Obviamente, no todo era tan ideal y algunos alumnos no parecían participar demasiado, claro que algunos de ellos tenían la misma actitud durante las clases tradicionales. La exposición seguía su rumbo, y al introducir el concepto de corriente continua volvía a aparecer de nuevo la recta, esta vez como un valor constante de pendiente nula. Recurriendo a la herramienta GeoGebra en la que ya habíamos dejado dibujada la función lineal de la Ley de Ohm, procedimos a modificar el valor de la pendiente hasta hacerla cero, momento en el que quedaba una ecuación constante que describía de manera ideal el comportamiento de la corriente eléctrica continua. Algo análogo se representó en el encerado, haciendo hincapié en la dirección y sentido de la intensidad, como se indica en la imagen siguiente:

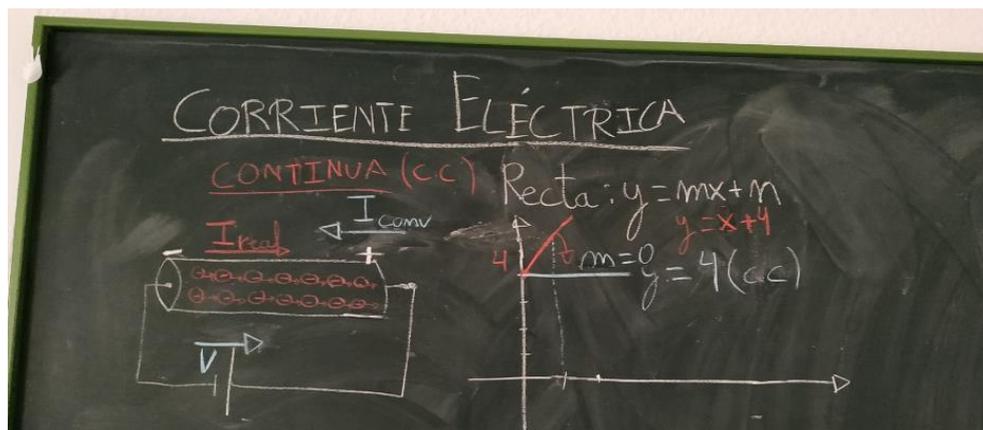


Figura 2. Explicación del concepto y dirección de la corriente continua. Relación con la recta.

Existía cierta presión de los alumnos argumentando que se perdía el tiempo sin avanzar en los contenidos que les iban a preparar para el Bachillerato. Todavía no se había tocado el Álgebra; sin embargo, se tomó su libro de texto y se comprobó cómo todos esos contenidos de propiedades de funciones elementales estaban repartidos por las unidades que iban a comenzar justo después. Parecía que con esto aumentó ligeramente su interés por el taller.

Para poder continuar con más contenidos curriculares, la clase se centró en desarrollar más ampliamente las simetrías y traslaciones de funciones. Ya se había mencionado la parábola con simetría par que describía el comportamiento de la potencia en función del cuadrado de la intensidad. Era el momento de centrarse en esta curva cuadrática. En una primera aproximación, se abordaron los aspectos relacionados con la concavidad de la misma, gracias a la representación con GeoGebra de la potencia en un componente eléctrico, la cual se podría expresar como $P = 2I^2$ si la resistencia es de 2Ω . Como se ve en la siguiente, para este caso concreto quedaría una parábola cóncava hacia arriba.

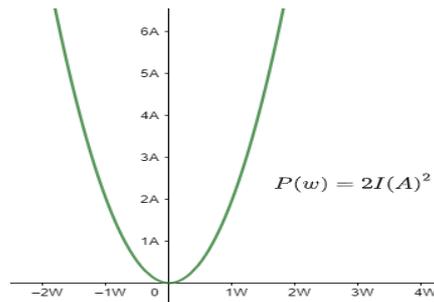


Figura 3. Parábola que describe la variación de la potencia eléctrica.

Para el caso contrario no existía un ejemplo simple en este campo, así que se partió de otro escenario, relacionado con la actividad física, el cual resultó más atractivo a los adolescentes con fuertes aspiraciones por los deportes. Un alumno, el cual tiene buenas capacidades, aunque es algo rezagado para las tareas, pintó en la pizarra la curva que hace el balón cuando él lanza un tiro desde medio campo en fútbol. Lo que quedó es algo como lo siguiente:

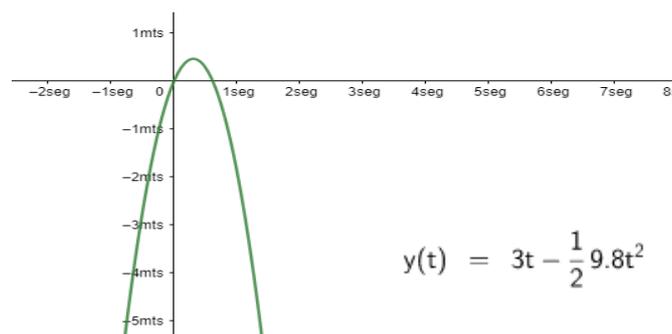


Figura 4. Parábola que describe la trayectoria del balón de fútbol.

Con la gráfica anterior se percataron de que esta curva estaba dispuesta al revés, dado que el balón tiende a volver hacia el suelo. Desde el punto de vista de la física, la gravedad tiene un valor de -9.8m/s^2 , por lo que el término cuadrado de la ecuación que describe el movimiento tiene un signo negativo. En consecuencia, la concavidad de la parábola es hacia abajo.

En la segunda sesión, aprovechando que se estaban trabajando las cuadráticas, se trabajaron ligeramente las traslaciones de gráficas, en este caso cogimos la curva parabólica que representaba la potencia y se movió dos posiciones hacia la derecha.

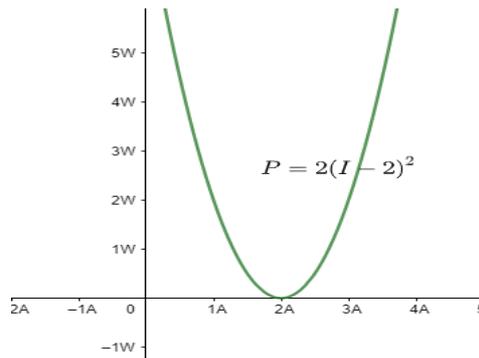


Figura 5. Traslación horizontal de la curva de potencia.

Anteriormente se había introducido el concepto y representación de la corriente continua. Sin embargo, las redes eléctricas reales de las viviendas, fábricas o ferrocarriles necesitan recurrir a la corriente alterna de cara a suplir sus necesidades, obviamente una energía que para nada va a ser constante. De hecho, el comportamiento de este tipo de corriente eléctrica responde a una función sinusoidal como la que se indica en la figura:

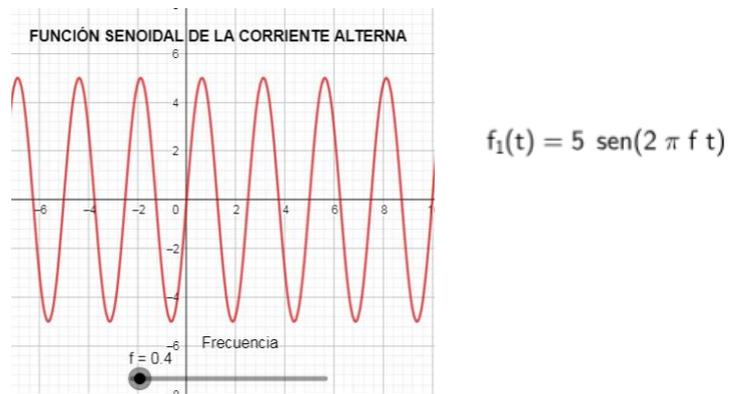
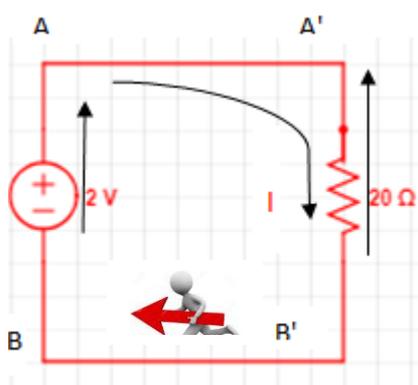


Figura 6. Función periódica que representa la corriente alterna.

Esta función nunca la había visto, de tal manera, los impresionados estudiantes no fueron capaces de identificarla. No obstante, resultó de gran utilidad para repasar el concepto de periodicidad de una señal, contenido curricular de la asignatura. Como está aplicación la había desarrollado con GeoGebra, aproveché para variar la frecuencia 'f' de la señal, haciendo que se modificara el periodo fundamental, reduciéndose o incrementándose el número de ondas por unidad de tiempo.

Como se ha podido comprobar, gracias a la explicación teórica del taller STEM los adolescentes ya se pudieron ver envueltos por todos los contenidos curriculares del tema de propiedades de funciones elementales, sobre los que trabajarán en algún apartado del proyecto.

Se concluirá el anexo de conceptos con el repaso Ley de Ohm, la cual recoge que la tensión en voltios en un componente eléctrico se obtiene como el producto de su resistividad y la corriente en amperios. Los sentidos de la corriente y la tensión ya se habían explicado durante la primera sesión, así que se les explica que este circuito solo tiene una malla y se va a recurrir a imaginar que hay una persona en el punto B' y recorre todo el camino cerrado.



La persona en su camino cerrado ha de ir sumando los voltajes que se encuentra e igualarlos a cero, según la Ley de Kirchhoff:

$$2 - 20I = 0; \text{ Por tanto, } I = 2/20 = 0.1A$$

Figura 7. Obtención de ecuación de 1º grado a partir de un circuito con una malla.

A través de la resolución de esta malla, siempre de la mano de la Ley de Ohm y Kirchhoff, apareciendo en la pizarra una ecuación de primer grado. Este hecho atrajo bastante la atención de los alumnos, acostumbrados a estudiar Álgebra de manera aislada en los ejercicios de su libro. Desgraciadamente, la ecuación ' $2 - 20I = 0$ ' desubicó a otra parte de los compañeros de clase porque están familiarizados con las incógnitas 'x' e 'y'. Ellos al ver una incógnita nueva no conseguían relacionarlo con una sencilla ecuación de primer grado. Para esta primera aproximación hubo que efectuar un simple cambio de variable y transformar la 'I' por la 'x'.

En la tercera sesión se continuará con la preparación que antecede al taller STEM, y tras un breve repaso, comienzan a trabajar en grupos con la ficha de ejercicios (véase Anexo 3) para que se enfrenten con el reto de obtener la

ecuación que resulta al recorrer las fuentes de tensión de una malla cerrada. En el afán por imitar un proyecto real, se reparten los grupos de manera heterogénea, con cuatro miembros cada uno en función de las necesidades educativas, dando paso a una partición de roles de acuerdo a las mismas. Por ejemplo, el que tenga más facilidad podría ser un 'jefe de proyecto' que vaya participando y controlando la evolución de los diferentes hitos propuestos. Otros dos podrían ser los 'técnicos' que hagan los cálculos de los circuitos y ayuden en su diseño, teniendo un cuarto a modo de 'becario' que vaya participando en todo y aprendiendo de sus compañeros, a la vez que va poniendo sus granos de arena.

Desgraciadamente, al pasar por los grupos para atender dudas, no pasa desapercibida esa desincronización entre el avance de cada integrante. Unos van realmente más avanzados que otros, sin existir, apenas cooperación entre ellos. No solo eso, en algunos equipos sí que se obtiene la ecuación de primer grado, aunque no la identifican como tal y no saben despejar la intensidad. Se les da la pista de efectuar un cambio de variable por 'x', y cuando sacan el valor ya no recuerdan lo que significaba. No es una complicación aislada, ya que cuando resuelven problemas en los libros de texto y despejan la incógnita, los escolares suelen olvidar lo que se les pedía en un inicio.

Por suerte, algunos sí lo obtuvieron con éxito. En la siguiente imagen se muestra el ejercicio resuelto por uno de los alumnos sin, ni siquiera, haber efectuado el cambio de variable:

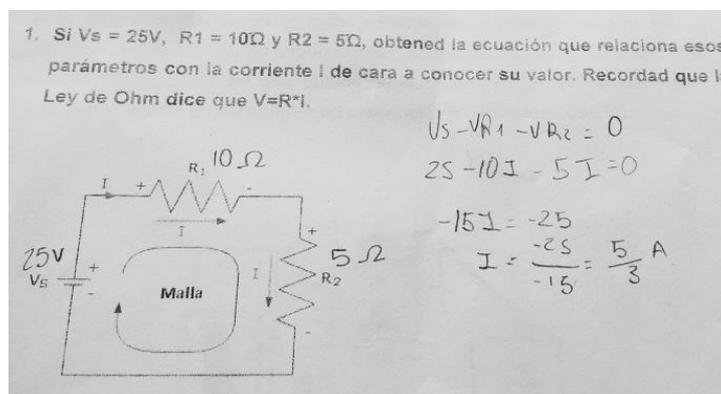


Figura 8. Obtención de ecuación de 1º grado mediante trabajo cooperativo.

En la segunda parte de la tercera jornada, y a la vista de estos inconvenientes, se reparte un documento complementario (véase Anexo 5). En este van a poder trabajar algo similar a lo anterior, con la salvedad de que ya no se les da el circuito detallado con la malla. El tiempo apremia y hay que allanar el camino para el proyecto final. En concreto, tendrán que pintar el circuito a partir de unos datos que se les ofrecen en el enunciado sobre una sencilla instalación eléctrica. Más tarde, volverán a recorrer la malla para visualizar la ecuación y obtener la intensidad que circula por el circuito. En la imagen inferior se puede ver la resolución de esta primera parte del trabajo, observando que han hecho un cambio de variable:

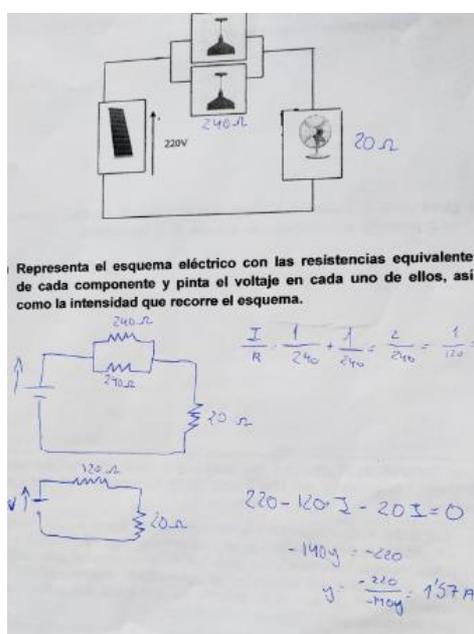


Figura 9. Obtención de ecuación de 1º grado mediante trabajo cooperativo. En este caso, los estudiantes parten de un esquema donde aparece el circuito eléctrico de la vivienda.

En la cuarta sesión, y última de la preparación, se termina con la práctica del Anexo 5, pidiendo a los estudiantes que representen la recta que representa la tensión en función de la intensidad y la parábola que muestra la potencia en función de la intensidad.

Aún queda una última fase de preparación antes de abordar el proyecto. Los grupos se enfrentarán con un circuito que contiene dos mallas. El jefe de

proyecto, ayudado por los técnicos 'junior' y el becario, habrá de observar el esquema compuesto por dos mallas, determinar la ecuación de cada una de ellas y despejar las incógnitas. En este escenario surgirán varias pegadas, siendo la más relevante el hecho de identificar la expresión obtenida como un sistema de ecuaciones, una vez analizado el circuito. Algunos estudiantes efectúan el cambio de variable para obtener ambas intensidades, con resultado dispares según los casos.

Como conclusiones de esta fase de preparación, se podrían destacar el aumento de motivación de los alumnos y el aprovechamiento de cara a interiorizar contenidos matemáticos. Desgraciadamente, las habilidades de cooperación continúan con su hábito de insuficiencia.

4.4. Desarrollo del proyecto STEM en 4º de la ESO en el IES la Granja

Los miembros de las diferentes cuadrillas ya tienen la suficiente base eléctrica y capacidad de resolución matemática y recursos TIC para afrontar el proyecto final. El trabajo se va a dividir en cuatro sesiones con hitos bien marcados, manteniendo los equipos y ocupando diferentes estancias según la parte del evolutivo en que se encuentren los estudiantes.

Durante la quinta sesión, el docente explicará en qué consiste el trabajo a realizar, después de repartir el documento de trabajo con los detalles (véase Anexo 4). Se les contará a los chicos que han de diseñar el circuito eléctrico de una vivienda, la cual tiene una serie de equipos y fuentes de alimentación en continua, obteniendo, posteriormente, el consumo del ordenador. Por supuesto, las quejas tanto por el método de aprendizaje como por la combinación de asignaturas continuaban. Curiosamente, las chicas son las que más se lamentan debido al nuevo escenario. Sin embargo, las alumnas, incluyendo una chica que acaba de empezar su escolarización en el centro, son las que han ido trabajando con más eficiencia durante las diferentes etapas del taller.

Una vez interpretados todos los requerimientos, los grupos arrancan con el trabajo, para facilitar el asunto se les ha facilitado otro esquema más esclarecedor dentro del documento de trabajo. Teniendo en cuenta los

diferentes niveles de tensión y siguiendo los cableados, los equipos tienen que pintar el circuito, denominado multifilar, con las dos mallas bien diferenciadas de cara a los futuros cálculos.

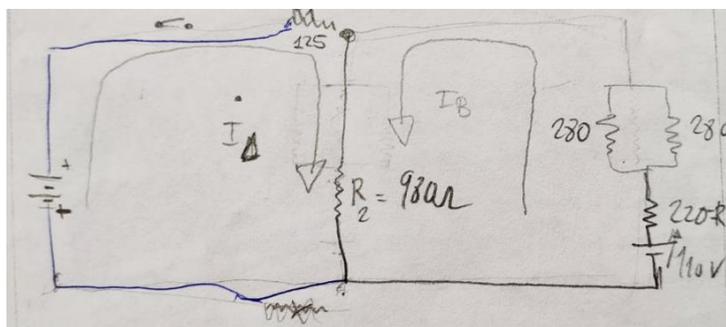


Figura 10. Esquema multifilar obtenido por un alumno.

Aprovechando los ordenadores del aula de Tecnología, los técnicos dibujarán el esquema eléctrico que han obtenido en un simulador. Para estas actividades de carácter docente es muy útil el programa 'Crocodile', el cual permite de una manera muy simple ir añadiendo componentes y fuentes de alimentación para su posterior simulación. En este punto, los jóvenes ingenieros ya podrán saber las corrientes que atraviesan las dos mallas del circuito.

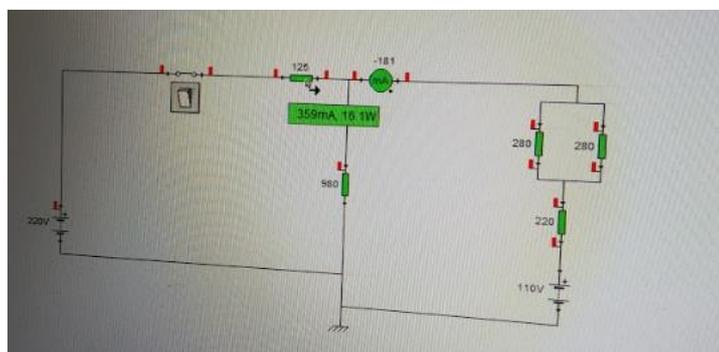


Figura 11. Circuito simulado por una alumna con un contexto social complejo. Se pueden ver los valores de las corrientes.

En la sexta sesión, los grupos se trasladan al aula de Matemáticas, acompañados de sus habituales quejas frente al trabajo extra que les supone esta metodología. En esta ocasión, los jefes de proyecto tendrán que ayudar a su equipo a recorrer las mallas y obtener cada una de las expresiones en función de las corrientes, logrando finalmente el sistema de ecuaciones. Como

es habitual, los problemas no se hicieron esperar. Algunos alumnos efectuaron el cambio de variable. Sin embargo, esta vez las ecuaciones tenían unos coeficientes más complejos y los estudiantes suelen tener dificultades para operar. Con cierta ayuda se simplificaron ciertamente las ecuaciones hasta quedar lo que se muestra en la imagen siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} 221x + 196y = 44 \\ 196x + 268y = 22 \end{array} \right\} y = \frac{-221}{196}x + \frac{44}{196}$$

Figura 12. Sistema de Ecuaciones que describe la variación de las corrientes en el circuito.

El cálculo para aplicar el método de sustitución se les resistió a los grupos, fueron escasos los grupos afortunados, aunque algunos lo lograron a través del uso de la calculadora. En la ilustración siguiente se observa una de las resoluciones correctas:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{44 - 196I_2}{221} \\ 196 \left(\frac{44 - 196I_2}{221} \right) + 268I_2 &= 22 \\ \frac{196}{221} (44 - 196I_2) + \frac{59228I_2}{221} &= \frac{4852}{221} \\ 98(44 - 196I_2) + 29614I_2 &= 2431 \\ 4312 - 19208I_2 + 29614I_2 &= 2431 \\ 10406I_2 &= -1881 \rightarrow I_2 = -0.18 \text{ A} \\ I_1 &= 0.36 \text{ A} \end{aligned}$$

Figura 13. Método de sustitución para resolver el sistema de ecuaciones y despejar las corrientes. Se comprueba que coinciden con las obtenidas en la simulación.

El proyecto ya se encuentra en la séptima fase, los equipos se trasladan a su oficina en el aula de Tecnología. Al salir de la clase habitual y saber que van a disponer de TIC para trabajar, ellos muestran un carácter más alegre y participativo. El hito para este día consistirá en obtener las corrientes mediante la herramienta GeoGebra, habiendo preparado el docente una pequeña aplicación. Gracias a esta funcionalidad, los alumnos podrán ajustar los coeficientes, comprobando que al representar cada ecuación del sistema aparece una recta, de cara a obtener la solución. El punto donde intersecan las dos gráficas lineales serán los valores correspondientes a las corrientes en

cada malla. Este hecho, así como la apoteosis de haberlo resuelto mediante una herramienta informática, llevaron a algunos alumnos a celebrar la victoria como se observa en la siguiente fotografía:



Figura 14. Resolución del sistema con GeoGebra, comprobando valores con los ya obtenidos (izqda.). Alegría de dos alumnos por la resolución con GeoGebra (dcha.).

Si se echa un vistazo a la pantalla de GeoGebra, el lector podrá comprobar que la solución obtenida en el punto de corte es idéntica a la del sistema, así como a la que provenía del simulador eléctrico. A los estudiantes les llamaban mucho la atención este tipo de detalles, siendo estas situaciones las que les advertían de la verdadera utilidad de todo lo que aprenden en las aulas.

En la octava y última sesión, los grupos se trasladan de nuevo a la clase de Tecnología, pues, para esta última parte con la que se cerrará el proyecto se requerirán herramientas informáticas. Durante la primera parte, los equipos dispondrán de un periodo de tiempo para ponerse al día con dificultades de las distintas fases. El hito para esta sesión consistirá en simular la potencia en la resistencia del ordenador, así como unas encuestas finales para que los jóvenes electricistas puedan dar su opinión sobre la experiencia.

Para el cálculo de la potencia, recuperarán el circuito que habían simulado y podrán apuntar la potencia que se consume. Para cerciorarse, lo calcularán con la fórmula $\text{Potencia} = \text{Resistencia} \cdot (\text{Intensidad})^2$. Ambos valores deberán coincidir, como de hecho ocurrió durante la experiencia.

En la siguiente imagen se adjunta el cálculo de la potencia de uno de los equipos, aunque se le olvidó indicar las unidades:

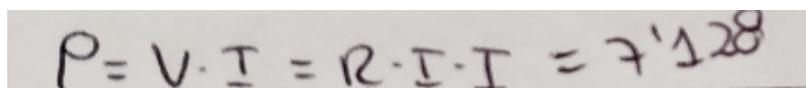

$$P = V \cdot I = R \cdot I \cdot I = 7'128$$

Figura 15. Obtención numérica de la potencia consumida por el ordenador.

Como también habían simulado el circuito con una herramienta informática, los alumnos pudieron corroborar ese valor, como se detalla en la siguiente imagen:

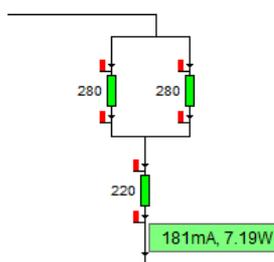


Figura 16. Obtención de la potencia mediante simulación eléctrica

Para acabar, se enfrentaron a una pequeña prueba (véase Anexo 8) en la plataforma Kahoot donde se combinan los contenidos de la asignatura de Matemáticas, sistemas y funciones, con los de Tecnología, electricidad. Además, participaron en una encuesta online, también mediante la herramienta Kahoot, en la que los adolescentes aportaron su opinión sobre la experiencia, la cual será utilizada en el siguiente capítulo para establecer valoraciones sobre toda la experiencia. Además, estas encuestas nos permitirán recabar críticas constructivas que contribuirán a mejorar los futuros talleres STEM que se puedan organizar. Para completar la información, también se les entregó una pequeña encuesta escrita sobre posibles mejoras (véase Anexo 6).

Como culminación del taller STEM, en coordinación con el tutor de prácticas en el centro se decidió incluir una parte STEM en el examen ordinario. Ya había pasado tiempo desde el final de la experiencia y los alumnos tenían que examinarse del bloque de Geometría. La prueba escrita constaría de dos ejercicios correspondientes al cálculo de área y volúmenes, así como una

colección de problemas STEM (véase Anexo 9) para repasar los bloques de Álgebra y Funciones, así como una pequeña aplicación en Geometría.

4.5. Proyección de futuro

Cuando se iba a comenzar con la realización del taller STEM, se tenía planteada una versión más real de un proyecto dentro de una empresa, aunque la falta de tiempo jugó una mala pasada, como es habitual en los IES. Habiendo desempeñado el trabajo de consultor TIC durante años, tengo un amplio conocimiento de las etapas existentes dentro del desarrollo de un proyecto.

En primer lugar, habría que asignar una serie de roles a cada integrante del grupo, como se logró hacer en este caso, atendiendo a las características y facilidades de trabajo de cada uno de ellos. Habría una primera reunión en la que el cliente, el profesor en este caso, explicaría la necesidad que tiene a través de una pequeña presentación y entregando un documento explicativo. A continuación, el grupo de trabajo elaboraría el documento de requerimientos, DDR en el mundo real, donde queden recogidas todas las especificaciones del proyecto. Además, tendrán que efectuar la estimación de tiempos para cada módulo en que se divide el trabajo, por ejemplo, haciendo un sencillo diagrama Gantt con un simulador, y establecer las necesidades de formación. Por último, una reunión con el cliente para saber si lo acepta y si se cumplen sus expectativas.

En segundo lugar, el jefe de proyecto de cada grupo repartiría las fases de los diferentes módulos de trabajo entre el resto de integrantes del equipo. Esta parte sería la que se ha desarrollado a través de esta experiencia STEM, incluyendo la etapa inicial de formación.

En tercer lugar, habría que elaborar un documento evidenciando que todo lo desarrollado cumple lo que se había pedido, al tiempo que se comprueba que todo está bien implementado. Durante la experiencia, ya se ofrecían ciertas demostraciones al comparar los resultados obtenidos de diferentes formas.

En una última fase, se ofrecerían los resultados al cliente a través de una exposición de cada grupo, comparando los tiempos reales con los estimados en el Gantt al inicio.

5. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS. CONCLUSIONES

Una vez concluida la experiencia STEM en el grupo 4º ESO, habrá que hacer una valoración sobre el grado de adquisición de conocimiento, así como de las opiniones que suscita en los jóvenes la participación en el mismo.

5.1. Recopilación de resultados sobre la prueba de contenidos

Como se ha indicado anteriormente, para finalizar con el taller STEM, los estudiantes afrontaron un cuestionario (véase Anexo 8) mediante la herramienta Kahoot, como método de evaluación del aprendizaje obtenido.

Las dos cuestiones iniciales sobre conceptos básicos no tuvieron muy buenos resultados, aunque el motivo fue más por ese proceso de adaptación a la herramienta que por el desconocimiento de las respuestas adecuadas.

Por el contrario, las preguntas más relevantes obtuvieron unos resultados aceptables, siendo acertadas, aproximadamente, por más de la mitad de los alumnos participantes en la encuesta. En concreto, la pregunta sobre la obtención de la ecuación de primer grado para el posterior cálculo de la corriente, fue acertada por el 50%. Por su parte, las de modelización eléctrica mediante funciones, fueron acertadas, en promedio, por el 80%. Por último, las correspondientes al reconocimiento del método matemático para resolver el circuito, fueron halladas por un porcentaje ligeramente inferior.

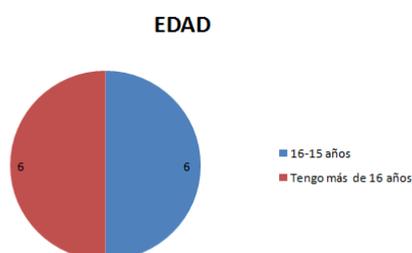
En conclusión, a pesar de las dificultades acaecidas durante el taller, parece que los estudiantes han adquirido cierto conocimiento con este método.

5.2. Acopio de opiniones sobre el taller STEM

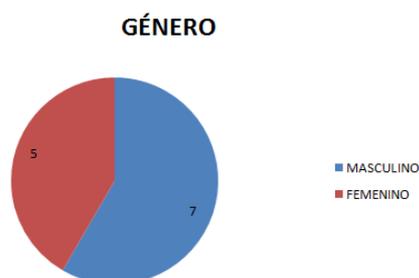
Como ya se ha comentado anteriormente, se les plantearon una serie de cuestionarios Kahoot donde los integrantes del grupo pudieron plasmar su valoración sobre esta experiencia STEM. Las preguntas planteadas solo las pudieron responder doce personas, debido al reducido número de equipos

informáticos para usar la herramienta Kahoot. Así pues, se planteó la repetición de una segunda ronda de respuestas, pero sin demasiado éxito, porque los alumnos ya no se centraban, acababan de volver de su viaje de estudios y al día siguiente comenzaban las vacaciones de Semana Santa. A continuación, se mostrarán una serie de diagramas que describen las opiniones aportadas y las características de la muestra de los 12 estudiantes.

El primer aspecto recogido es el relativo a la edad de los escolares, de cara a comprobar si son repetidores o no, pudiéndose apreciar en el siguiente gráfico que el 50% de los alumnos van retrasados respecto al nivel curricular que les correspondería:



En segundo lugar, se analiza el género de los jóvenes, apreciándose que existe un mayor número de chicos que de chicas.

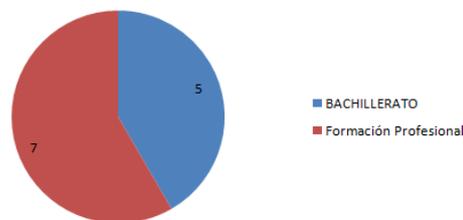


En un tercer diagrama circular se podrá observar el porcentaje de estudiantes que se van a decantar por Bachillerato o Formación Profesional, siendo la segunda opción ligeramente superior. Sin embargo, meses atrás, cuando venían con una importante carga de suspensos de la primera evaluación, la balanza estaba mucho más inclinada hacia la Formación Profesional. Por suerte, durante la segunda evaluación los resultados fueron ciertamente mejores, gracias a un mayor esfuerzo por parte de los chicos, aunque también

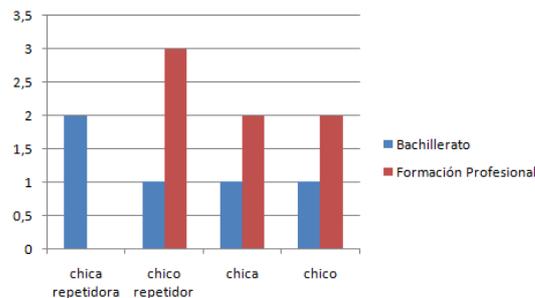
a un generoso ajuste de las calificaciones por parte del docente. En consecuencia, en este final de curso hay un mayor número de estudiantes que se está animando a enfrentarse al Bachillerato de Ciencias Sociales.

Así, trágicamente, este Bachiller se convierte en la salida preferida de los alumnos con dificultades de la ESO que desean continuar hacia una carrera universitaria, lo que, posteriormente, suele desembocar en numerosos fracasos durante el primer año de Bachillerato. Uno de los problemas que surge en esas circunstancias tiene que ver con carencias tales como la falta de interés o su escasa capacidad de concentración. Por otra parte, ocurre que, la preparación de estos alumnos durante la ESO no les proporciona la base suficiente para enfrentarse cómodamente a las materias del Bachillerato. A pesar de estas adversidades hay alumnos que lograrán culminar esa nueva etapa. Algo similar se puede afirmar de los estudiantes de 4º que participan en este taller, cuya titulación en la ESO está pendiente de un hilo, dependiendo, en muchos sentidos, de que los alumnos pongan más de su parte, algo que, afortunadamente, parecen estar realizando en esta etapa final de Secundaria.

TITULACIÓN FUTURA



En el siguiente diagrama de barras, se aprecian correlaciones entre el género, edad/nivel y las aspiraciones de futuro:

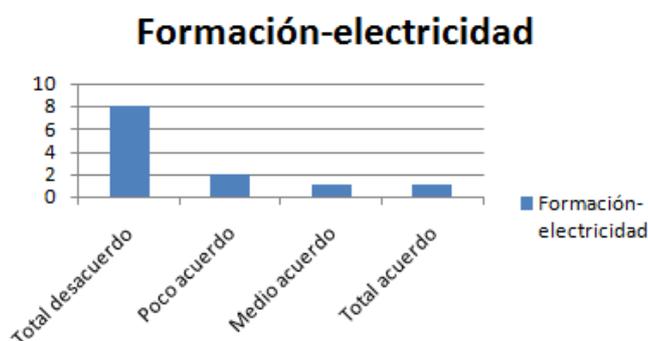


A la vista del diagrama anterior, el lector puede apreciar que las chicas repetidoras expresan su deseo de continuar con el Bachillerato, mientras que, en el resto de los casos, chicos (repetidores o no) y chicas no repetidoras, muestran una mayor tendencia hacia la Formación Profesional.

Es de destacar la implicación de algunas de las chicas repetidoras durante el taller STEM, aportando buenas capacidades y ganas de aprender. Curiosamente, estas féminas fueron las que más se opusieron a esa novedosa forma de aprender, aunque desarrollaron después un mayor grado de participación durante la experiencia STEM. También algunos chicos repetidores tuvieron una actitud similar.

Otras de las preguntas que se plantearon, y que por falta de sitio no se detalla aquí no se detalla a través de una gráfica, tiene que ver con la valoración por parte de los alumnos de la calidad de introducción del taller STEM. Es preciso decir que muchos manifestaron que no se les introdujo correctamente el tema, lo que pude guardar relación con su reducido interés cuando la explicación no comporta la asignación de una tarea de manera inmediata. Además, no es extraño que no apreciaran bien la introducción sobre el taller STEM, porque nunca se habían visto envueltos en una situación similar.

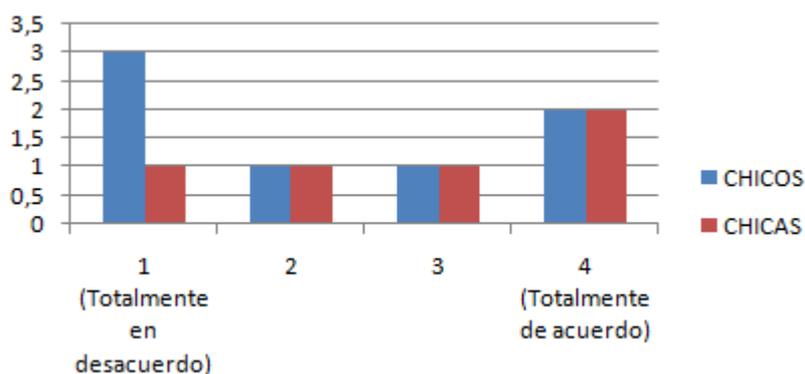
Por otra parte, el siguiente diagrama muestra el grado de acuerdo, en opinión de los estudiantes, sobre la utilidad de los conceptos eléctricos en sus futuros estudios:



A la vista de la gráfica se podría concluir que, prácticamente, ningún alumno piensa que va a necesitar un manejo de los fundamentos de electricidad en sus

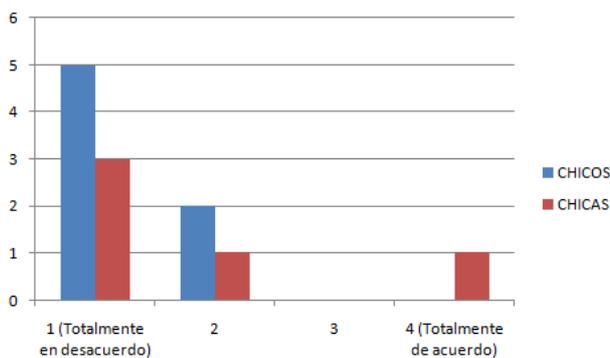
futuros estudios. Nada podría ser menos cierto, pues, casi en la totalidad de las titulaciones de Formación Profesional que estos mismos alumnos declaran que piensan estudiar, tendrán que enfrentarse con asignaturas que manejan conceptos de electricidad aplicada.

En lo que respecta a las ventajas de la modelización del comportamiento eléctrico a través de conceptos matemáticos, los alumnos han opinado lo siguiente:



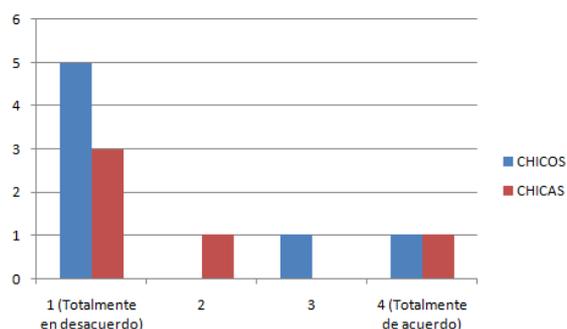
Del gráfico anterior se puede concluir que la mitad de los alumnos están de acuerdo con el enfoque propuesto. Si se atiende al género, los chicos sienten menos atracción por la modelización que sus compañeras. Aunque la muestra no abarca toda la clase, los datos reflejan la actitud durante las sesiones, donde las chicas se quejaba más, pero tenían una mayor participación.

Desgraciadamente, el veredicto de los alumnos, respecto a la utilidad del taller para interpretar y resolver los sistemas de ecuaciones, no ha sido muy alentador, como se puede apreciar en el siguiente histograma:

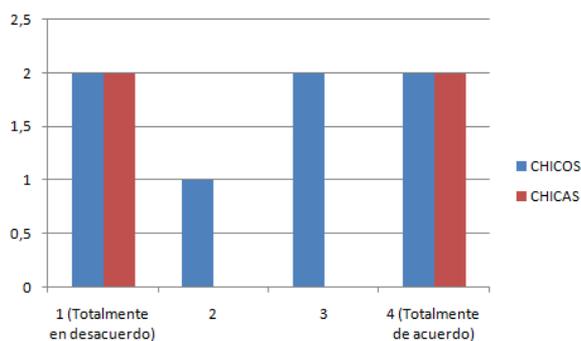


Con echar un simple vistazo sobre el diagrama se puede apreciar que la mayoría no apoya esta experiencia de aprendizaje mediante STEM, siendo las féminas las que sienten un mayor grado de aprobación por el mismo.

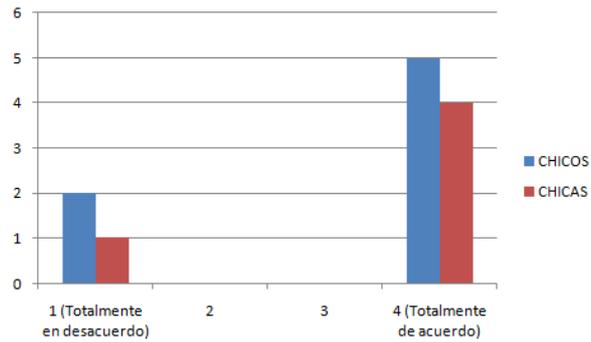
En el caso más específico del interés de la interpretación de las funciones a través del taller STEM, los estudiantes arrojan una visión muy desfavorable, como ocurrió con los sistemas de ecuaciones, tal como muestra el siguiente diagrama:



Siguiendo con la valoración de las innovaciones en el aula, llega el turno al caso de la introducción de las nuevas tecnologías. Como se puede extraer del siguiente diagrama, la valoración sobre la utilidad de las herramientas informáticas parece tener una mejor aceptación por los jóvenes, algo que ya se apreciaba durante el taller STEM:

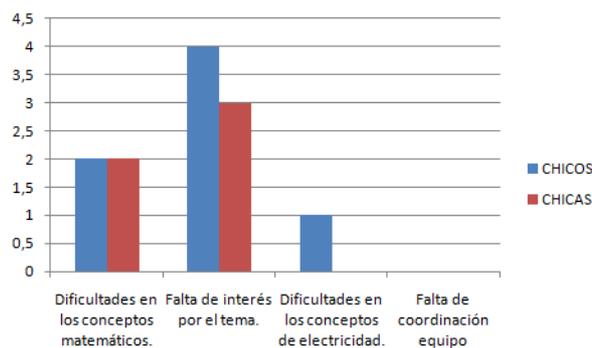


Por último, y en relación con otro de los principios sobre los que se fundamenta la metodología STEM, la opinión que confieren los jóvenes al trabajo colaborativo entre iguales viene reflejada en el siguiente diagrama:



Se puede apreciar la buena impresión que tienen todos ellos sobre el trabajo en grupo, casi idéntico en chicas y chicos. Habría que dilucidar si esta positiva valoración tiene que ver con la apreciación de que contribuye a facilitar el aprendizaje, o si lo que les motiva es la posibilidad de una mayor interacción social con sus compañeros.

En el último diagrama se recogen unos datos sobre las complicaciones que se han ido encontrando los escolares durante el taller:



Como se puede observar, y como ya manifestaron en algunas ocasiones, el tema de la electricidad no es algo que les motive demasiado. En general, como corrobora otra de las encuestas (véase anexo 6), no sienten demasiada predilección por el aprendizaje usando electricidad, si bien, algunos, expresaban una mayor atracción por simular temas deportivos. Por el contrario, y como ejemplo de reacción positiva, pude constatar en los últimos días del Practicum que los alumnos, tras una visita programada por el IES a distintos centros donde se imparten Ciclos Formativos, mostraron su sorpresa y valoración por la breve toma de contacto que habían tenido con el mundo eléctrico a través del taller STEM.

5.3. Principales conclusiones

Habría que comenzar comentando la incomprensión que existe sobre estas innovaciones dentro de las instituciones educativas. Antes de implantar la propuesta dentro de la asignatura, la Inspectora de Educación pidió la redacción de un correo electrónico en el que se justificase la 'pérdida de tiempo' que iba a suponer el taller (véase Anexo 7). Esta incomprensión está completamente infundada, ya que este tipo de prácticas van a promover en los jóvenes la adquisición de valores sociales, como interacción con sus compañeros y respeto a la diversidad, así como la capacidad de trabajo en equipo, aptitud primordial que precisarán en sus futuros empleos. Sin embargo, existen determinados departamentos en los centros, y en las propias administraciones, que no ven con buenos ojos la inserción de este tipo de actividades, favoreciendo, por ello, la continuidad de metodologías tradicionales.

Estos procedimientos convencionales de enseñanza, que promueven las clases magistrales e individualizadas, no benefician la inserción de prácticas más innovadoras, de manera, que los alumnos no se acostumbran a interiorizar conocimiento a través de estos mecanismos. En consecuencia, se logra un escaso éxito cuando se trata de hacerles partícipes de una experiencia como el taller STEM. Desgraciadamente, el problema se extiende más allá, los estudiantes sí llegan a ver, con gran esfuerzo, que los contenidos matemáticos del taller son idénticos a los del libro de texto de la asignatura. Sin embargo, tienen siempre presente el examen que habrán de afrontar para superar la materia, siendo conscientes de que necesitan familiarizarse con otro tipo de ejercicios que sí aparecerán en la prueba.

A la vista de la problemática anterior, los centros y la Inspección de Educación deberían actualizar los instrumentos de evaluación. Estaría bien dar un menor peso a los exámenes, otorgando a los diferentes trabajos en grupo un porcentaje más representativo dentro de la nota final. Este cambio en la cultura interna de los centros es muy complejo, requiriendo un compromiso por parte de los docentes de cara a modificar las programaciones, además de estar

dispuestos a realizar un sobresfuerzo para preparar y evaluar las actividades STEM. Todos estos mecanismos de aprendizaje por proyectos, a primera vista tan pioneros, ya llevan algunos años recogidos dentro de los PIIE, como elemento para atender la diversidad y avanzar en la resolución de los problemas de *inclusividad* en las aulas, aunque no se consigue implantar por los problemas anteriormente citados.

Aunque habría que detenerse en lo que entienden por *inclusividad* en los IES. Si en un instituto se aíslan los alumnos con más necesidades en una única clase, con su correspondiente variación en los contenidos curriculares, se ubican en otra aula aquellos que van aprobando de una manera más mediocre, y se recluye en otro grupo a los que destacan por encima, según Porter (2010, en Haya y Rojas, 2016), es imposible que haya una correcta inclusión. Ni siquiera la, casi inexistente, metodología por proyectos recogida en el PIIE, podría lograr una correcta atención a la diversidad.

En el caso concreto del grupo de 4ºC con el que se ha trabajado, y dejando a un lado la variedad de complicaciones que ya se mencionaban en el apartado cuarto, habría que preguntarse si se logra una inclusión en un grupo que los propios orientadores llaman 'cajón desastre'. En esta aula acaban todos los estudiantes con grandes dificultades, otros que tienen falta de interés, y los que presentan mal comportamiento, mientras los 'más brillantes' se reparten en otros dos grupos. Parece, pues, el escenario ideal para realizar el taller STEM y recuperar esa motivación que se está perdiendo, sobre todo en las asignaturas del ámbito científico, haciendo que los chicos cooperen entre ellos y logren abordar cualquier proyecto. Sí que se aprecia que estrechan lazos entre ellos, incluso entre compañeros que no tienen demasiada relación, pero para nada se podría decir que se logra una inclusión ideal. Por el contrario, Haya y Rojas (2016) establecían que los jóvenes que van aislados a este tipo de grupos donde existen tantas necesidades, a corto plazo, podrían padecer algún tipo de estigma emocional que les afectará a todos los ámbitos de su vida.

El problema con los tradicionales exámenes es que ellos hacen que los jóvenes no se sientan muy cómodos destinando tiempo al taller, ya que según

los alumnos no les va a servir para aprobar. Lo esencial sería modificar los estándares de evaluación y no premiar solo la reproducción de contenidos individualizados en un examen. Obviamente, en caso de querer obtener buenos resultados gracias a la metodología STEM, todos los miembros del centro deben involucrarse. Además, para lograr que los jóvenes lo vean como un hábito, se debería comenzar a trabajar de esa forma cuando aún asisten a la escuela.

Echando un vistazo a las encuestas, y observando el día a día del taller, no parece que hayan incrementado su atracción por las Matemáticas. Aunque sí reconocen que les ha beneficiado el trabajo en grupo y que para algunos ha sido interesante el tema de la electricidad. Sin embargo, la experiencia STEM no les ha ayudado demasiado para aprender a resolver los sistemas. Desde un punto de vista más personal, se podría destacar que sí que han disfrutado, por una vez en su vida, de la interpretación de conceptos matemáticos mediante las nuevas tecnologías. Algunos comentaban la satisfacción de obtener los mismos valores con el sistema de ecuaciones que con el simulador eléctrico. A pesar de que algunos no lograron resolver sobre el papel el sistema de ecuaciones del circuito, consiguieron solucionarlo con la interpretación de GeoGebra.

En conclusión, les agrada el hecho de introducir el uso de las nuevas tecnologías dentro de las clases, gracias a esa aportación más visual que les da el poder ver el funcionamiento de un circuito o la interpretación gráfica de un sistema. Desgraciadamente, el hecho de aprender los contenidos curriculares de Matemáticas a través de su relación con otros campos de conocimiento no les motiva demasiado.

6. BIBLIOGRAFÍA

Araya, R. (2015). STEM y modelamiento matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, (15) 291-317.

Bosch, H., Bergero, M., Regner, M., Rampazzi, M., & Segura, S. (2012). Modelización de Problemas de la Vida Real. *Jornadas de Enseñanzas de la Ciencia*, (2) 43-47.

Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. BOC extraordinario núm. 39.

Diego, J.M., Garcia, M., Blanco, T., Ortiz, Z. (2018). Problemas en contextos reales para trabajar las matemáticas— Plataforma STEMforYouth. *Sociedad de la información*, (58) 29-38.

Doménech, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes Didácticas para la Competencia Científica. *Revista de Educación Científica*, 2(2) 29-42.

Fraile, J. (2012). *Circuitos eléctricos*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Fuentes, M., González, J.(2017). Necesidades formativas de los profesores de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *Revista de Educación a Distancia*, 54 (8).

Garcia, Y., Reyes, D.,Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos Educativos*, (18) 37-48.

Gil, M., Escaño, J. (2010). Motivación y esfuerzo en la Educación Secundaria. En C. Coll (Coord.), *Desarrollo, aprendizaje y enseñar en la educación obligatoria* (11-25). Barcelona: Graó.

Haya, I. y Rojas, S. (2016). Una mirada inclusiva hacia la normativa educativa: limitaciones, posibilidades y controversias. *Revista nacional e internacional de educación inclusiva*, 9(2), 155-170.

Lantz Jr, H. B. (2009). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function? Report, CurrTech Integrations, Baltimore. Recuperado el 2 de Marzo de 2019 de:

<https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf>

Pujolás, P. (2005). El cómo, el porqué y el para qué del aprendizaje cooperativo. *Cuadernos de Pedagogía*, (345) 51-54.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher* , 20-26. Recuperado el 11 de Marzo de 2019 de:

<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Toma, R. B., Greca, I. M. (2016). *Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria. Comunicación presentada en el Tercer Simposio Internacional de enseñanza de las ciencias SIEC 2016. Junio 2016. Vigo.* Recuperado el 10 de Marzo de 2019 de:

[http://riubu.ubu.es/bitstream/10259/4681/6/Toma-Modelo interdisciplinar de educaci%C3%B3n.pdf](http://riubu.ubu.es/bitstream/10259/4681/6/Toma-Modelo%20interdisciplinar%20de%20educaci%C3%B3n.pdf)

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. *Journal of the Korean Association for Science Education* , 32(6),1072-1086.

7. ANEXOS

7.1. Anexo1. Cuestionario previo sobre conceptos de electricidad

ANEXO 1. CUESTIONARIO SOBRE CONCEPTOS DE ELECTRICIDAD EN 4º ESO

1. ¿Serías capaz de citar tres hechos de tu vida cotidiana que se relacionen con el contenido de alguna de las materias vistas en el instituto?

2. ¿Conoces alguna relación entre la electricidad y los fundamentos matemáticos que describen su funcionamiento?

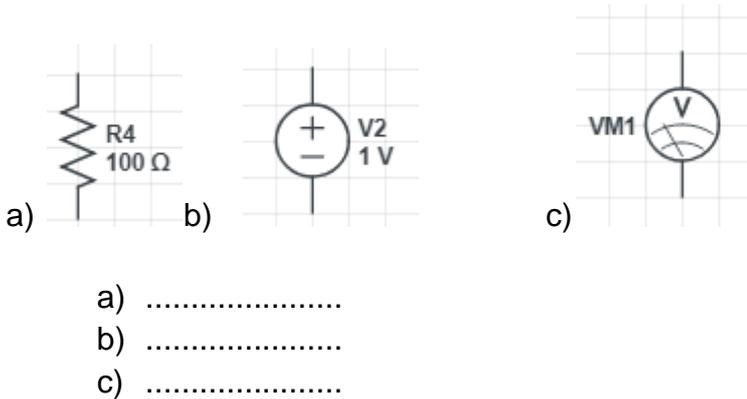
3. ¿Sabrías explicar brevemente el concepto eléctrico de intensidad o corriente, así como la unidad en que se mide?

4. ¿Sabrías explicar brevemente el concepto eléctrico de tensión o voltaje, así como la unidad en que se mide?

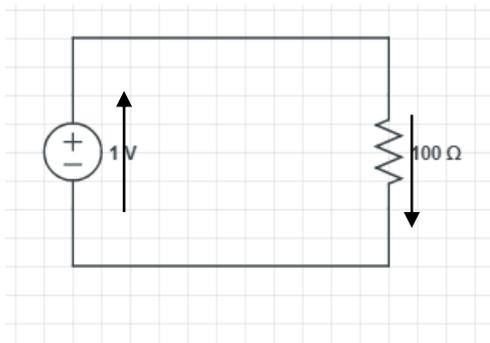
5. ¿Sabrías explicar brevemente el concepto eléctrico de resistencia, así como la unidad en que se mide?

6. Enuncia la Ley de Ohm que relaciona las magnitudes anteriores.

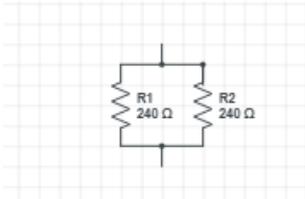
7. ¿Que representan los siguiente símbolos en un esquema eléctrico?



8. Según la Ley de Ohm, debes calcular la corriente en amperios que pasa por la resistencia si hay una fuente de alimentación de 1V. Dibuja la corriente que pasa por el circuito en el sentido correcto. **Nota:** Las flechas representan la tensión en la fuente de alimentación (izquierda) y en la resistencia (derecha).



9. Asocia las siguientes resistencias dispuestas en paralelo:



10. ¿Podrías explicar brevemente el Teorema de Mallas para la resolución de circuitos eléctricos?

7.2. Anexo 2. Conceptos básicos sobre electricidad.

ANEXO 2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE ELECTRICIDAD

Obviamente, antes de comenzar con el grueso de proyecto resultaría de gran utilidad exponer una serie de conceptos sobre electricidad que son necesarios para la correcta comprensión del caso.

CORRIENTE ELÉCTRICA CONTINUA: Se puede definir como la sucesión de electrones que fluyen por un conductor (cable) al aplicar una tensión con una pila o batería. Se produce una reacción química y los electrones tienden a moverse del polo negativo (ánodo) de la pila al positivo (cátodo), aunque se suele tomar en sentido contrario a efectos de cálculos de magnitudes en los circuitos (Fraile, 2012).

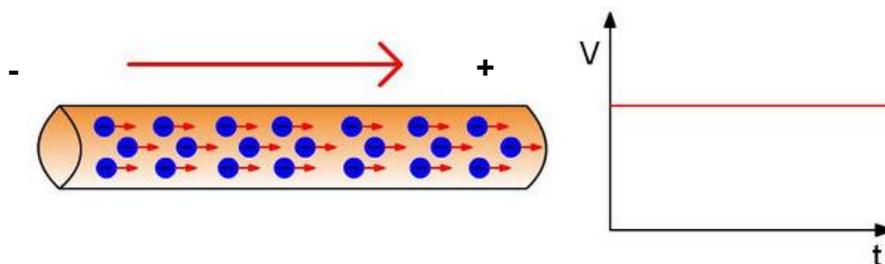


Figura 17. Corriente Continua. (Fuente: <https://www.fisic.ch>)

En la imagen anterior se puede ver ese movimiento de electrones a través del cable que constituye la energía eléctrica. Profundizando en el asunto, en este caso sería una corriente continua porque los electrones van siempre en la misma dirección y en la misma cantidad. Para el caso real del proyecto de una instalación eléctrica no sería tan ideal; sin embargo, lo vamos a modelizar como una recta para simplificar los cálculos.

INTENSIDAD (I): Se podría definir como esa cantidad de electrones que fluyen en cada instante a través del cable. Su unidad es el Amperio (A).

TENSIÓN (V): Podría asemejarse con la fuerza necesaria para mover los electrones en su recorrido por el conductor, la cual es producida por una fuente de alimentación. Para este proyecto específico, se va a suponer como un valor constante. Su unidad es el Voltio (V).

RESISTENCIA (R): Es la dificultad que oponen el conductor y los diferentes componentes eléctricos al paso de la corriente por el circuito. Se mide el Ohmios (Ω).

LEY DE OHM: Establece la relación entre las tres magnitudes eléctricas explicadas anteriormente, es decir, la tensión la intensidad y la resistencia. Por lo tanto, la tensión (V) que habrá de aplicarse para tener una corriente (I) determinada en un dispositivo con una resistencia (R) cumplirá que $V=R \cdot I$. Conociendo dos de los parámetros se obtendrá el tercero a través de una sencilla ecuación de primera grado.

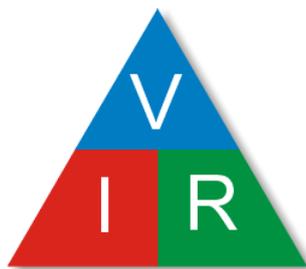


Figura 18. Ley de Ohm (Fuente: El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales, Enríquez, 2005).

EJEMPLO DE RESOLUCIÓN MEDIANTE LA LEY DE OHM DE UN ESQUEMA MULTIFILAR ELÉCTRICO:

Calculad la corriente (I) que cae en la resistencia de 20Ω cuando se aplica una tensión de 2V, empleando la Ley de Ohm.

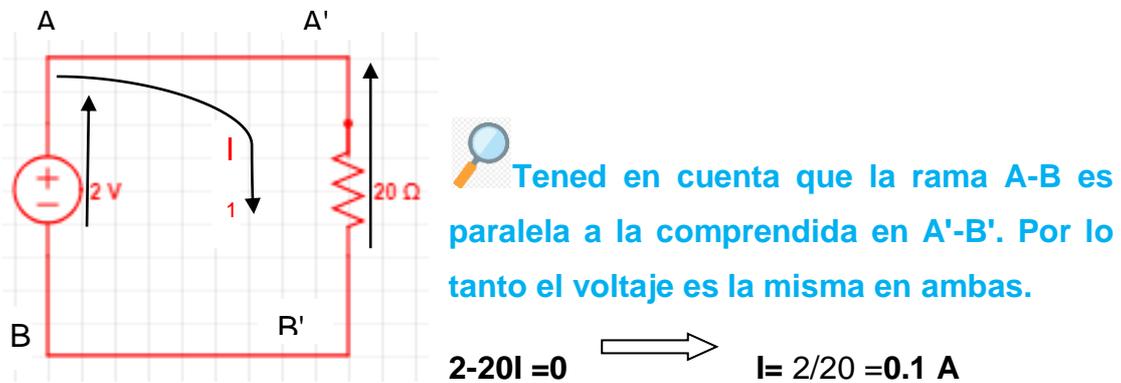
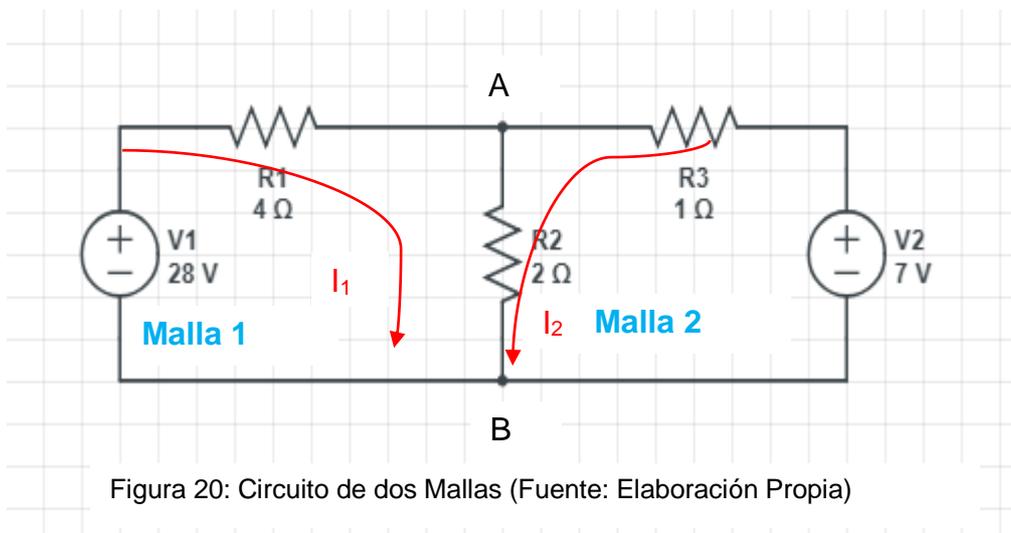


Figura19. Circuito de una malla (Elaboración Propia)

MÉTODO DE MALLAS PARA LA RESOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS CON MÁS DE UNA RAMA:

La explicación de este método de resolución es la que concluirá con la aplicación de un sistema de ecuaciones. Lo más ideal será ilustrar con la imagen de un circuito eléctrico como el que aparece en la parte inferior:



Con este método se van a obtener las corrientes que circulan por cada malla siguiendo los pasos siguientes, ya definidos por Fraile (2012):

- a) Habría que pintar el circuito multifilar según las especificaciones eléctricas del caso.
- b) Identificar las mallas que hay en el circuito, teniendo en cuenta que se conoce así a todos aquellos caminos cerrados que pueden ser recorridos dentro del esquema.
- c) Se pintan las corrientes de cada malla en el sentido de giro de las agujas del reloj. En este esquema se designan como I_1 e I_2 .
- d) Se aplica Kirchhoff en cada malla, es decir, la suma de los voltajes de cada componente que va apareciendo en el recorrido por la malla será nulo.

Ley Kirchoff-Malla-----> $\Sigma V_{\text{malla}} = 0$ /// Ley Ohm: $V = R \cdot I$

- e) En las ramas comunes a dos mallas los voltajes serán debidos a la suma del par de corrientes que atraviesen la resistencia o componente eléctrico concreto. Para este caso concreto sería la resistencia R_2 sita en la rama A-B.
- f) Una vez recorridas ambas mallas nos quedará un sistema con dos ecuaciones y un par de incógnitas I_1 e I_2 . Se obtendrán por el método más adecuado de resolución de sistemas de ecuaciones de los estudiados en Matemáticas Aplicadas d 4º ESO.

Si se aplica el método para el circuito en curso, resultaría el siguiente sistema de ecuaciones cuando se recorren los voltajes de cada malla.

Ley Kirchoff-Malla-----> $\Sigma V_{\text{malla}} = 0$ /// Ley Ohm: $V = R \cdot I$

$$\left. \begin{array}{l} 28 - 4I_1 - 2(I_1 + I_2) = 0 \\ 7 - 1I_2 - 2(I_1 + I_2) = 0 \end{array} \right\} \quad \longrightarrow \quad \left. \begin{array}{l} 28 = 6I_1 + 2I_2 \\ 7 = 2I_1 + 3I_2 \end{array} \right\}$$

Resolviendo:

$$I_1 = 5A; I_2 = -1A$$

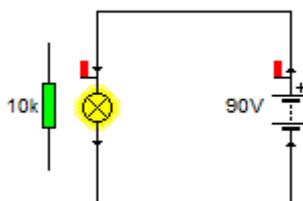
Como I_2 sale negativa, resulta que en el circuito iría en sentido contrario.

Por último, se comprobaría en un simulador de circuitos que los resultados de la corriente en R_2 , (I_1+I_2) coinciden con el obtenido en la resolución numérica.

CÁLCULO DE LA POTENCIA EMITIDA POR UN COMPONTE:

Cuando la corriente eléctrica pasa a través de los distintos componentes de un circuito se produce una emisión de energía. Este hecho provoca que los dispositivos produzcan calor, muevan un motor o irradian luz, es decir, existe un trabajo para transformar un tipo de energía en otro. Esta potencia (P) será función de la tensión y la corriente, teniendo por unidad el Watio (W). Se calcula como se indica en la parte inferior:

$$P = V \cdot I = I \cdot R \cdot I = R \cdot I^2 (W)$$

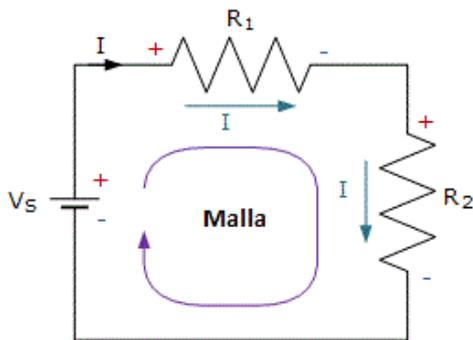


7.3. Anexo 3. Taller de ecuaciones para resolver casos eléctricos.

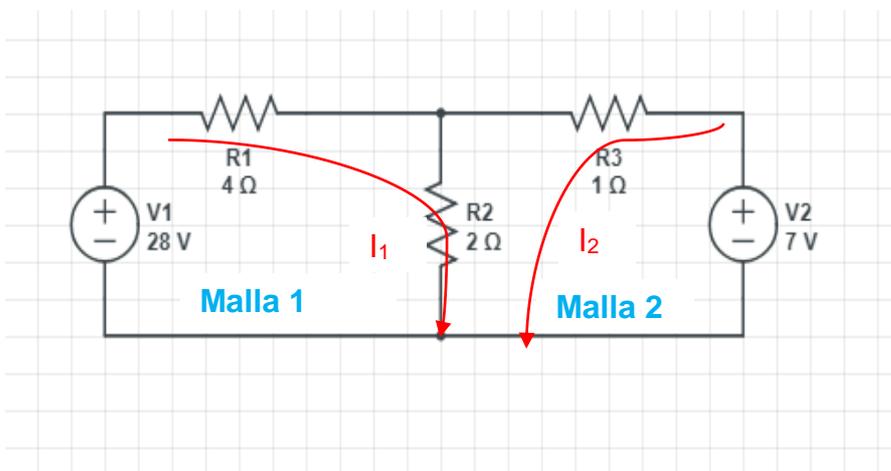
NOMBRE:.....

ANEXO 3. TALLER DE ECUACIONES PARA RESOLVER CASOS ELÉCTRICOS.

1. Si $V_s = 25V$, $R_1 = 10\Omega$ y $R_2 = 5\Omega$, obtened la ecuación que relaciona esos parámetros con la corriente I y así poder conocer su valor. Recordad que la Ley de Ohm dice que $V=R \cdot I$.



2. Para la siguiente situación se va a tener un circuito con dos mallas, habría que obtener la ecuación que recorre las tensiones en cada una de ellas. A continuación, calculad el valor de la corriente que atraviesa el componente R_2 , tras resolver la combinación de ambas ecuaciones.



Sol: $I_1 = 5A$;
 $I_2 = -1A$

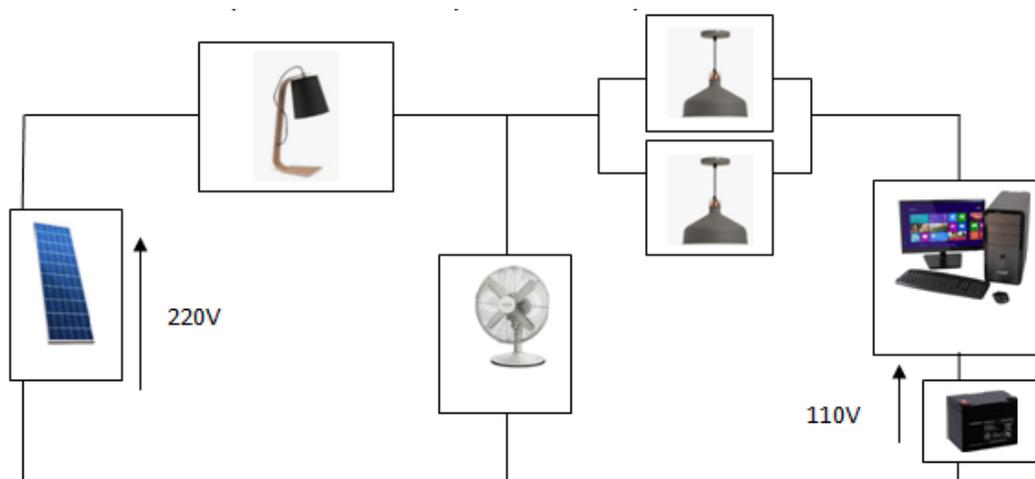
7.4. Anexo 4. Actividad STEM para la interconexión entre Tecnología y Matemáticas en 4º de la ESO

NOMBRE:.....

ANEXO 4. FICHA DE LA ACTIVIDAD STEM PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE TECNOLOGÍA Y MATEMÁTICAS EN 4º DE LA ESO

Partiendo del ANEXO 2, donde los estudiantes ya podían repasar los contenidos esenciales sobre electricidad para este taller, se les va a pedir que desarrollen un proyecto sobre el consumo energético de sus viviendas. En concreto, tendrán que obtener la potencia consumida por el ordenador de mesa que cada uno de ellos tiene en su habitación, siendo conscientes del excesivo tiempo que puedan llegar a pasar sentados frente a este dispositivo.

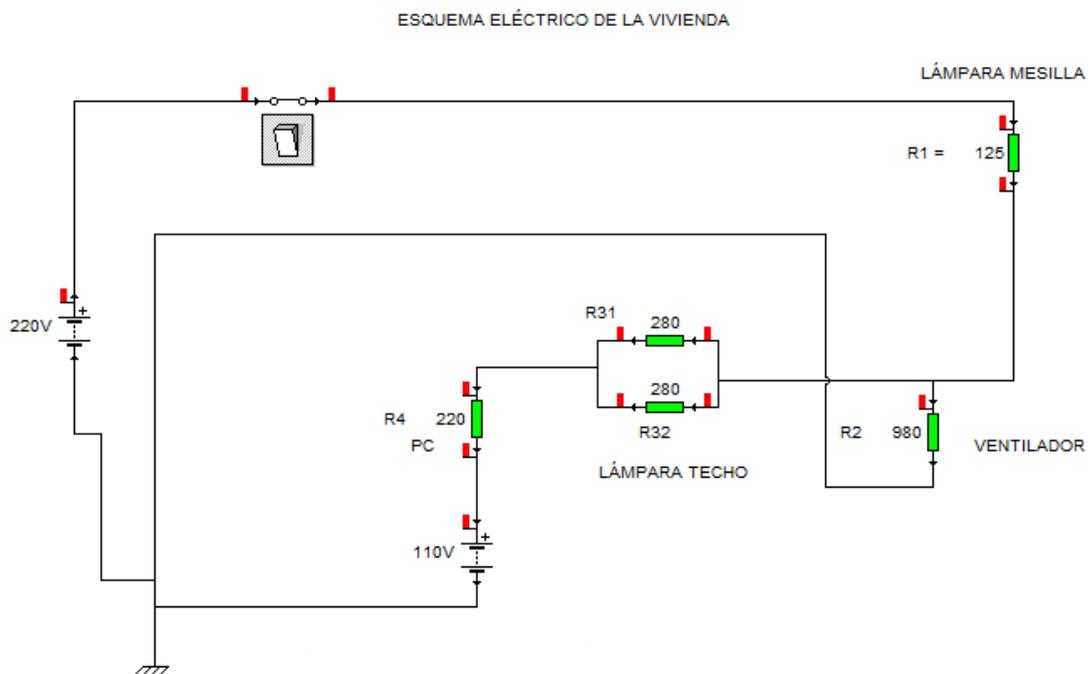
Para ello, se les va a dar el esquema funcional de una instalación eléctrica básica que pueda haber en su vivienda. La imagen de la misma es la que se indica a continuación:



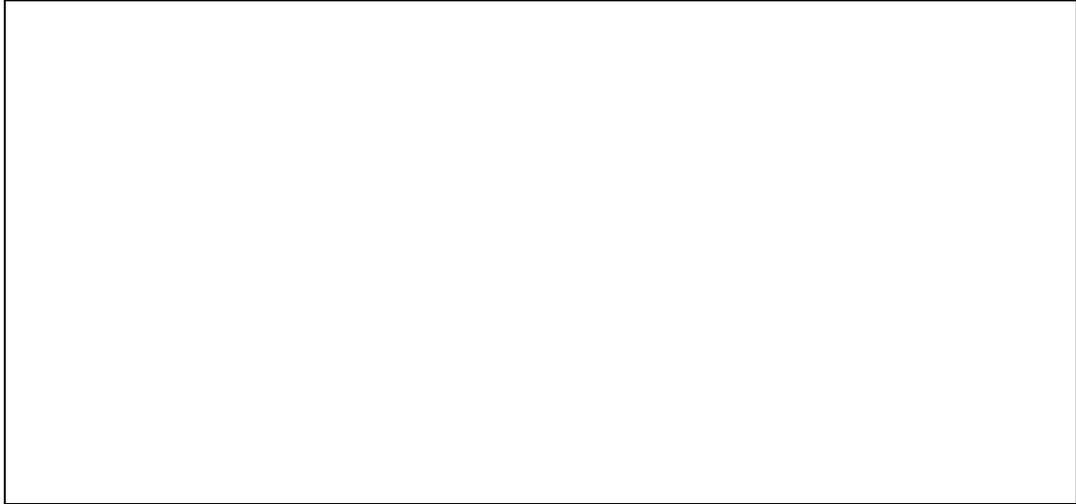
Como se observa, la casa se alimenta con una fuente de energía renovable y continua, en este caso mediante un panel fotovoltaico, al estar la casa ubicada en una zona ligeramente aislada y soleada. Entre los componentes eléctricos de este domicilio se encuentran la lamparita de noche, dos lámparas de techo en paralelo, un ventilador, así como un ordenador. No se puede pasar por alto

que el ordenador y la iluminación del techo tienen una alimentación de reserva para las situaciones en que la fuente de tensión general falle. Por el conocimiento de otras instalaciones con las que se ha trabajado, se van a aproximar los componentes por las siguientes resistividades equivalentes: la lámpara de mesa tendrá 125Ω , las de techo 280Ω , el ventilador se opondrá al paso de la corriente con 980Ω y el ordenador con 220Ω .

A continuación, se va a mostrar un esquema eléctrico como el que usaría un equipo de técnicos de electrificación para montar la red de la vivienda:



1. Partiendo del esquema anterior, se pide que los estudiantes lo transformen en el equivalente a su circuito eléctrico, lo que se conoce como circuito multifilar. Las entradas de tensión de la vivienda serán las provenientes de una fuente renovable, así como de una batería asociada al ordenador. Cada aparato de la vivienda tendrá una resistividad R_i .



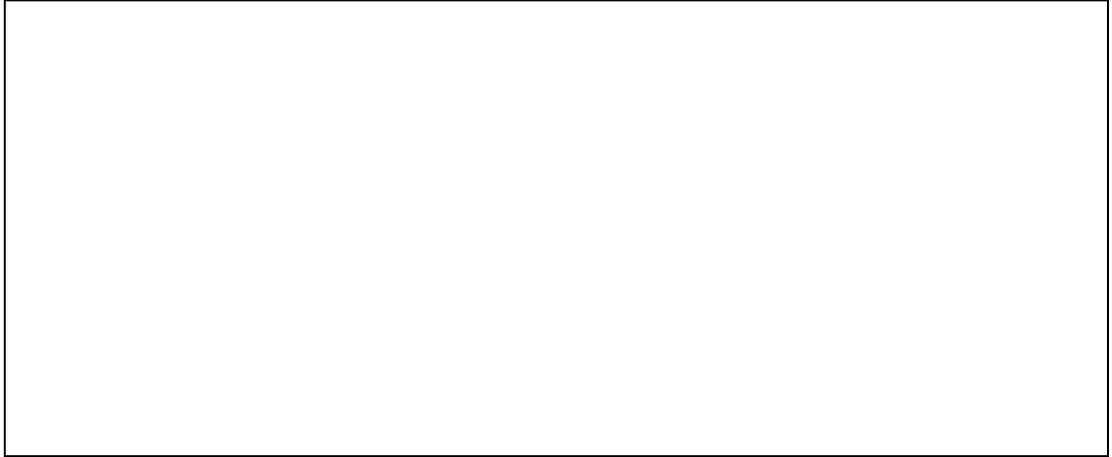
2. Sin perder de vista el circuito anterior, marcad con las letras 'A' y 'B' cada una de las mallas.
3. Pintad en cada malla las corrientes asociadas I_A e I_B , prestando atención al sentido que tendrán cada una de ellas.
4. Recurriendo al Método de Kirchhoff-Mallas, debéis obtener la ecuación que recorre todas las tensiones existentes en el primer camino cerrado 'A'. Podéis ayudaros colocando el vector de tensión sobre cada componente.



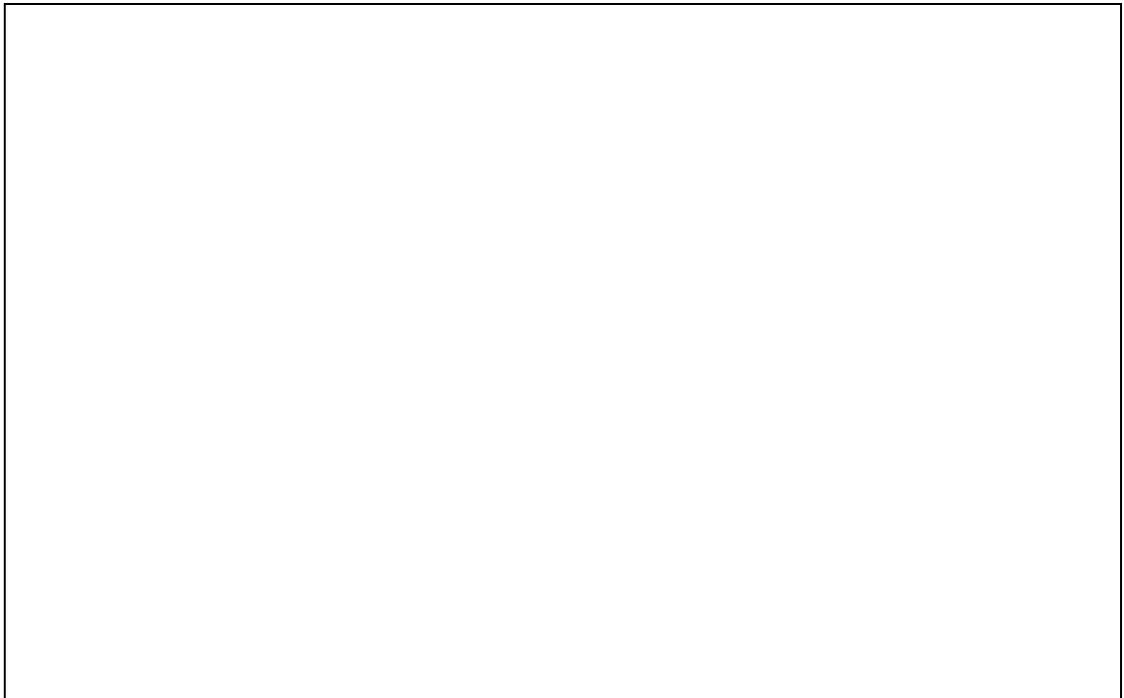
5. Recurriendo al Método de Kirchhoff-Mallas, debéis obtener la ecuación que recorre todas las tensiones existentes en el primer camino cerrado 'B'. Podéis ayudaros colocando el vector de tensión sobre cada componente.



6. Escribid ambas ecuaciones en el recuadro y comprobar si lo asociáis con alguna estructura matemática.



- 7. Obtened las soluciones de dicha estructura matemática, indicando el método de resolución empleado. ¿Qué representaban dichos valores?**



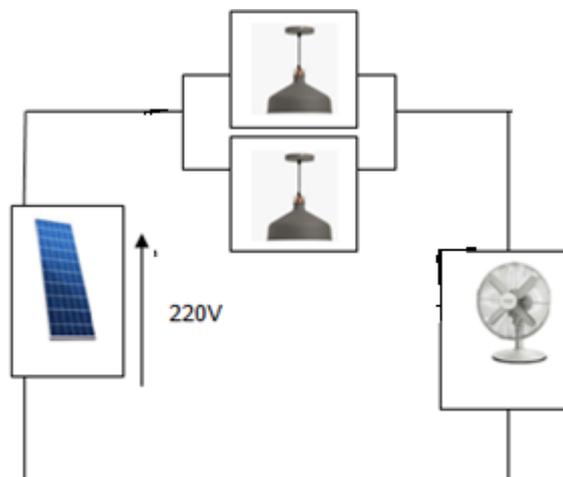
8. Sabiendo ya las corrientes que circulan por todos los componentes, calculad la potencia consumida por el ordenador en función de la intensidad (I) y su resistencia.

7.5. Anexo 5. Ejercicio esquema funcional red eléctrica.

NOMBRE:.....

ANEXO 5. EJERCICIO ESQUEMA FUNCIONAL RED ELÉCTRICA

A continuación aparece el esquema funcional del montaje eléctrico de una parte de la vivienda. En primer lugar, existe un panel solar que hará de fuente de alimentación a 220V. En segundo lugar, podéis ver una lámpara de techo, la cual está compuesta de dos puntos de luz paralelos de $240\ \Omega$ cada uno. Finalmente, existe un ventilador que presenta una resistividad de $20\ \Omega$.



a) Representa el esquema eléctrico con las resistencias equivalente de cada componente y pinta el voltaje en cada uno de ellos, así como la intensidad que recorre el esquema.

b) Representa en una gráfica la tensión en la resistencia de 20Ω del ventilador en función de la intensidad, teniendo presente la Ley de Ohm.

c) Sacad la ecuación que recorre la malla del circuito y obtened el valor de la corriente eléctrica en el ventilador.

d) ¿Qué potencia consume el motor del ventilador? Dibujad la curva de la potencia del ventilador en función de la intensidad.

Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria:

*[...] dicha metodología será fundamentalmente activa y participativa, favorecerá el trabajo individual, el **colaborativo y el cooperativo** y la reflexión tanto individual como grupal de los alumnos en el aula. Desde esta perspectiva, se promoverá el **aprendizaje interdisciplinar de investigación** basado en la solución de problemas, los métodos de trabajo cooperativo y los grupos interactivos.*

7.6. Anexo 6. Opiniones sobre el taller STEM

ANEXO 6. ENCUESTA ADICIONAL SOBRE TALLER STEM 4º ESO

1. ¿Qué mejorarías de cara a futuros talleres STEM similares al que has experimentado en la asignatura de Matemáticas?

-
-
-
-
-
-
-
-

2. ¿Qué tienes pensado estudiar durante el próximo curso?

3. En caso de que no te atraiga el conocimiento de la electricidad, ¿con qué tema te hubiera gustado combinar la unidad de sistemas de ecuaciones?

7.7. Anexo 7. Correo a la Inspectora de Educación justificando del taller STEM

ANEXO 7. ENTRESACADO DE UN CORREO DIRIGIDO A LA DIRECCIÓN DEL CENTRO, CON OBJETO DE QUE LA MISMA LO REMITA A INSPECCIÓN

"...Lo que pretendo hacer con los estudiantes de 4ºC de ESO es lo que se conoce como experiencia STEM, de las siglas anglosajonas 'Science, Technology, Engineering and Mathematics', siendo además una parte importante de mi TFM dentro del Máster que me habilitará para ser docente en el futuro. Esta metodología no es más que una extensión del aprendizaje basado en proyectos y cooperativo, aspectos clave a implantar en el centro en el marco de todas las prácticas que se quieren llevar a cabo en el ámbito de los PIIE. Por supuesto, el término STEM es un concepto muy actual pero no es algo que no se contemple en la legislación. De hecho, el Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria promueve dentro de la sección de 'Orientaciones Metodológicas' que:

[...] dicha metodología será fundamentalmente activa y participativa, favorecerá el trabajo individual, el colaborativo y el cooperativo y la reflexión tanto individual como grupal de los alumnos en el aula. Desde esta perspectiva, se promoverá el aprendizaje interdisciplinar de investigación basado en la solución de problemas, los métodos de trabajo cooperativo y los grupos interactivos.

Con lo cual, esta metodología no hace más que ahondar en aquellas capacidades de la ESO que favorecen que los jóvenes trabajen de forma cooperativa en el desarrollo de pequeños proyectos, al tiempo que están profundizando desde un punto de vista más aplicado en los contenidos curriculares, intentando que estos talleres reflejen circunstancias cotidianas de su vida. Es esencial que los jóvenes vayan adquiriendo estos hábitos de trabajo, pues, en el futuro esta experiencia que están adquiriendo se convertirá en el preámbulo de la forma de abordar los proyectos que determinen su éxito

laboral, al tiempo que adquieren valores de respeto y compromiso con el resto de miembros del grupo.

En concreto, se va a realizar una práctica STEM en la asignatura de Matemáticas Orientas a las Enseñanzas Aplicadas, enmarcado dentro del tema de 'Sistemas de Ecuaciones', relacionada muy directamente con temas de Electricidad, propios de la materia de 'Tecnología' del mismo nivel. Los estudiantes obtendrán expresiones matemáticas para hacer cálculos de álgebra de circuitos de la red eléctrica de su vivienda. Obviamente, todo el proceso estará seguido de cerca por los docentes de ambas materias, favoreciendo así el corte interdisciplinar entre las diversas áreas que estudian los jóvenes en Secundaria".

7.8. Anexo 8. Cuestionario Kahoot para la evaluación de los contenidos eléctrico-matemáticos

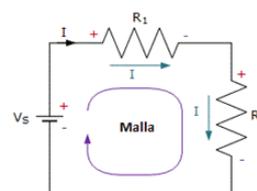
ANEXO 8.

1. ¿Cuál de estas expresiones relaciona correctamente las magnitudes eléctricas según la Ley de Ohm?

- a. $I = VR$
- b. $V = R/I$
- c. $V = RI^2$
- d. $V = RI$

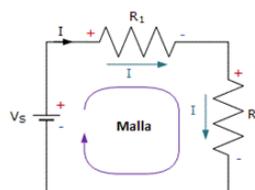
2. ¿Cuántas mallas tiene el circuito siguiente?

- a. 2
- b. 3
- c. 4
- d. 1

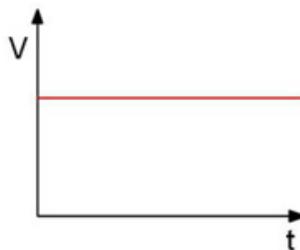


3. La corriente que circula por esta malla se podría obtener mediante...

- a. una ecuación de segundo grado.
- b. una ecuación de primer grado.
- c. un sistema de ecuaciones.

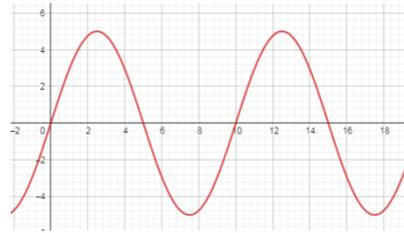


4. En el circuito anterior, ¿cuánto vale la corriente si $V_s=100V$, $R_1=20\Omega$ y $R_2=5\Omega$?
- 45A
 - 4A
 - 6V
 - 12A
5. Si se representa la variación de la tensión en función de la corriente para una resistencia de 4Ω , la expresión resultante sería $V=4I$. La representación gráfica de la misma sería....
- una parábola.
 - una recta de pendiente 0 y ordenada en el origen 4.
 - una función periódica.
 - una recta creciente de pendiente cuatro.
6. Si representamos la variación de la potencia en una resistencia de 3Ω como $P = 3I^2$, resultaría...
- una recta de pendiente -3.
 - un seno periódico.
 - una parábola con vértice en $x=1$ y simetría par.
 - una parábola con vértice en $(0,0)$ y simetría par.
7. La siguiente gráfica representa la variación de la tensión en el tiempo y modela el comportamiento de la...



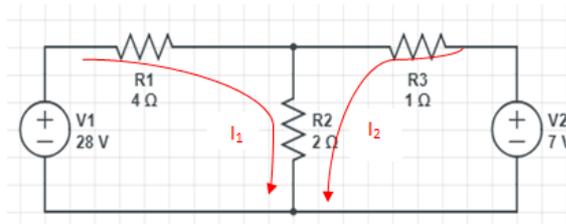
- corriente continua mediante una recta de pendiente 5.
- corriente continua mediante una recta de pendiente 0.
- corriente alterna mediante una recta periódica.

8. La siguiente función es un seno que describe el comportamiento de la...



- a. corriente continua con una recta.
- b. corriente alterna mediante una señal no periódica.
- c. corriente alterna mediante una señal periódica.
- d. la corriente alterna mediante una señal de simetría impar.

9. En el siguiente circuito hay dos mallas, cuyas corrientes serían I_1 e I_2 . Su valor se obtendría resolviendo...



- a. una ecuación de tercer grado.
- b. una ecuación de segundo grado.
- c. un sistema de dos ecuaciones y una incógnita.
- d. un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas.

10. En el circuito anterior, las corrientes se calcularían mediante el método de mallas resolviendo la expresión algebraica...

a.
$$\left. \begin{aligned} 28 - 4I_1 - 2(I_1 + I_2) &= 0 \\ 7 - I_2 - 2(I_1 + I_2) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

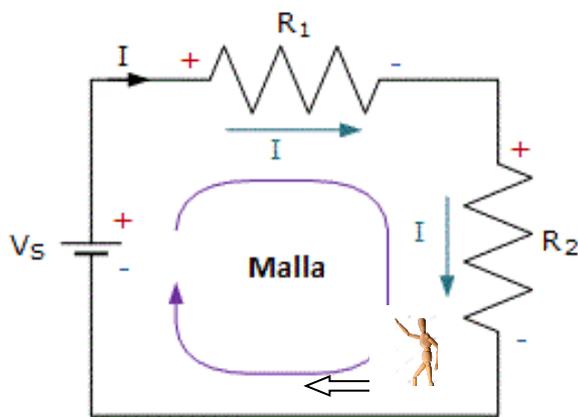
b.
$$\left. \begin{aligned} -28 - 4I_1 - 2(I_1 + I_2)^2 &= 0 \\ 7 - I_2^2 - 2(I_1 + I_2) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

c.
$$\left. \begin{aligned} -28 - 4I_1 - 2(I_1 + I_2)^2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

7.9. Anexo 9. Examen STEM

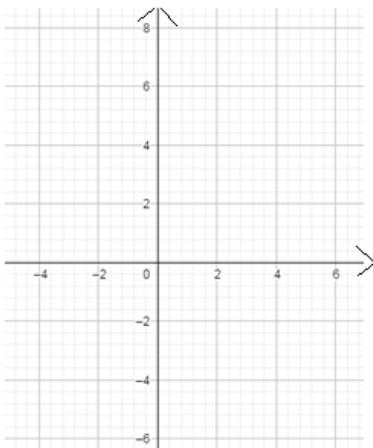
ANEXO 9. EJERCICIOS STEM PARA EL EXAMEN DE LA EVALUACIÓN

1. **Obtener el valor de la corriente I** que recorre la única malla que forma este circuito eléctrico para $V_s = 50V$, $R_1 = 23\Omega$ y $R_2 = 2\Omega$, obteniendo previamente la ecuación de primer grado. Recordar que se debe utilizar el método de Kirchoff, es decir, sumar los voltajes que se encuentra el muñeco' en su camino e igualarlo a cero. Tened en cuenta que la ley de Ohm establece que el voltaje V en un resistor es $V=RI$.



- a) Escribid la ecuación de tensiones de la malla. A continuación, despejad la corriente, indicando las unidades.(0,25 pts)

- b) Dibujar la variación de la tensión en la resistencia R_2 , es decir, **pintad la función $V = 2I$** . Para facilitarlo, podéis hacer el cambio de variable $V \rightarrow y$; $I \rightarrow x$. (0,25 pts)



I(x)	V(y)
0	
1	
2	

¿Qué tipo de función es la que se presenta?

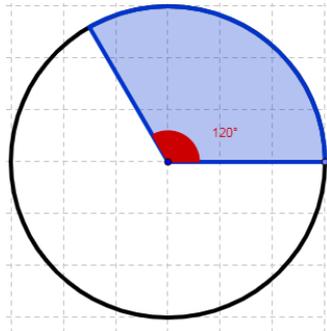
.....

¿Cuánto vale la pendiente de la función

$V=2I$?.....

¿Es creciente o decreciente?.....:

2. Aunque se suele despreciar, los cables de cobre que componen un circuito eléctrico también presentan resistencia eléctrica, cuya fórmula es $R = \rho \cdot (L/S)$. L será la longitud en m del cable, ρ es el coeficiente de resistividad del cobre del conductor. Por su parte, S será el área de la sección circular del cable, es decir, la forma que veríamos de un cable si lo cortamos. Aunque en este caso, la electricidad solo fluye por un sector circular de 120° y radio de 0.05m dentro del hilo, cuyo esquema se indica en la parte inferior:



a) **Calculad el área S** de la sección del cable por la que fluye la electricidad, teniendo en cuenta que esto solo ocurre dentro **del sector circular de 120° y radio $r = 0.05\text{m}$** . (1,25 pts)

b) Indicad el valor de la resistencia del cable mediante la fórmula $R = \rho(L/S)$, sabiendo que $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, $L = 1\text{m}$ y S la calculada en el apartado anterior. (0,25 pts)