

Anexo A: Trabajo «La comprensión de los conceptos de orbital, hibridación y geometría molecular en Química de 2º de Bachillerato»

La comprensión de los conceptos de orbital, hibridación y geometría molecular en Química de 2º de Bachillerato

Enrique Guerreiro Gómez. Máster de profesorado de Física y Química para ESO y Bachillerato

Introducción

Uno de los conceptos presentados en la asignatura de Química de 2º de Bachillerato es el de orbital y cómo dichos orbitales forman el enlace covalente. A partir de este modelo de enlace y mediante la aplicación de la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia (TRPECV) y la Teoría del Enlace de Valencia (TEV), uno de los estándares de aprendizaje evaluables es «Determina la polaridad de una molécula y representa su geometría utilizando el modelo o teoría más adecuados (TRPECV, TEV)». A continuación se muestran dos procedentes de dos estudiantes de excelente expediente académico durante una conversación informal mantenida este curso:

«Con el tema de enlace sólo tienes que saber hacer los pulpitos»

«Buah si algo no entendí de la química de bachiller eran los pulpitos, es que no sé lo que son. Fui a una academia y todo»

Este término resaltado, *pulpito*, se refería a los diagramas de orbitales, híbridos o no, que eran requeridos para contestar de forma adecuada preguntas como la que tuvimos en el examen de Prueba de Acceso a la Selectividad de Castilla y León de 2013, Opción A:

1. Responda a las siguientes cuestiones:

a) Escriba las estructuras de Lewis para las siguientes moléculas:



b) ¿Qué geometría cabe esperar para cada una de ellas utilizando el modelo de repulsión entre pares de electrones de la capa de valencia?

Un *pulpito*, contestando a la primera pregunta, se refiere a las representaciones de los orbitales atómicos y/u orbitales híbridos presentes en los libros de segundo de bachillerato. Especialmente, los orbitales de tipo *np* con sus lóbulos. Una representación manuscrita habitual suele ser la siguiente:

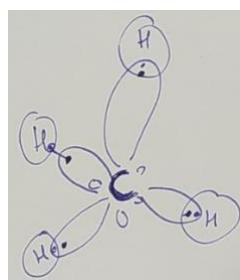


Figura 1. Representación gráfica en papel de los orbitales sp^3 para el metano

Queda claro que los alumnos tenían una idea alternativa respecto a este concepto, ya que asociaron las representaciones en la pizarra de nuestro profesor con el pulpo, por sus tentáculos. La posterior conversación nos llevó a la conclusión de que no se había asimilado el concepto de orbital y posiblemente, prácticamente nada acerca de la naturaleza de los enlaces químicos y la estructura de la materia. Se habían limitado a reproducir la representación gráfica que hacía el profesor en clase, memorizar los distintos casos de orbital posibles y liberarse de dicha técnica en el momento de plasmar la

estructura en el examen. El objetivo de este trabajo es comprobar cómo se transmiten los conocimientos relativos a enlace de la materia en libros de texto, estudiar las posibles ideas alternativas presentes, analizar los conocimientos de los docentes y tratar de entender el proceso que siguen los alumnos en la comprensión de este concepto. En suma en este trabajo consiste en analizar la progresión que realizan los alumnos, desde 2º de la ESO hasta bachillerato, en el conocimiento de la estructura de la materia.

Fundamentación

Para comenzar a tratar este tema se va a tratar brevemente cuál es el conocimiento previo del docente de Física y Química acerca del concepto que queremos desarrollar. En los grados y licenciaturas en química¹ se suele realizar un enfoque en espiral, esto es, de conceptos sencillos a unos más complejos. Primero llegan conceptos sencillos como cálculos de disoluciones, para dar paso a la termodinámica y cinética. La realidad sobre la estructura atómica y enlace se desarrolla de manera formal en tercer curso y es optativa en cuarto. Los diagramas de orbitales sólo se fundamentan matemáticamente para casos sencillos como orbitales *s*, *p* y la hibridación se explica como una suma de componentes de los orbitales atómicos. Al final de la titulación se llega, como mucho, a entender que los orbitales atómicos no se «hibridan», sino que son realmente una combinación lineal o suma ponderada de los orbitales atómicos. Sí se emplean representaciones de orbitales en las distintas disciplinas de química orgánica e inorgánica, pero sólo son consideraciones cualitativas. En el grado en Física se estudia el orbital atómico en física cuántica, y las aplicaciones más empleadas es el modelo de bandas en semiconductores para electrónica. Por lo tanto, el futuro docente ha tenido un contacto muy breve con estos conceptos y generalmente sólo ha retenido su uso como herramienta para explicar otros fenómenos.

En los colegios e institutos ocurre una situación similar. En educación primaria se suele trabajar poco el ámbito científico –en parte por la formación de los maestros (González Pérez y Varela Calvo, 2016)– y en secundaria se realiza un enfoque macroscópico de la materia, comenzando con la diferenciación entre sustancias homogéneas y heterogéneas y los cambios de estado, empleando un modelo corpuscular que emplea el concepto genérico de *partícula*. En cursos superiores se pasa a un enfoque microscópico en el que se suele mencionar que *la materia está compuesta de átomos*. Según Taber (2016), esta progresión del aprendizaje, unido al uso de modelos que son «usados para responder a la «demanda» de aprendizaje entre los conceptos curriculares y los puntos de partida de los estudiantes» puede acabar llevando a problemas en la adquisición de conceptos más avanzados. Sin embargo, estos conceptos más avanzados tienen un mayor poder explicativo ya que, a partir de ellos, se pueden racionalizar con más precisión conceptos más complejos. Esta tendencia de los alumnos a preferir el enfoque macroscópico ha sido comprobada por varios estudios. Uno de los primeros estudios realizados en España por Posada, (1999), ya nos indica algunas de las ideas alternativas que plantean los alumnos. En general, tienden a emplear modelos macroscópicos y hay una tendencia antropomórfica a que los átomos «ceden», «reciben» y «comparten» electrones para satisfacer la conocida regla del octeto. Otro estudio, más estadístico y reciente ha sido ejecutado por González Felipe, Aguirre Pérez, Fernández Cézar y Vázquez Molini, (2018), donde se hizo un estudio planteando preguntas a alumnos de 4º de ESO y 1º de

¹ Nos referimos en este trabajo al Grado en Química por la Universidad de Zaragoza, cuyo plan de estudios actualizado aparece siempre en <https://estudios.unizar.es/estudio/ver?id=127>. Un ejemplo, raro en España, de impartición de la estructura de la materia *antes* de los conceptos avanzados de química es la Universidad Complutense <https://www.ucm.es/estudios/grado-quimica-estudios-estructura>

bachillerato y se comprobó que, dentro del enlace químico, «la razón por la que ocurren los enlaces químicos» era el apartado que peor contestaron los alumnos, obteniéndose los mejores resultados en aquellas preguntas que requieren sólo de un enfoque macroscópico de la materia. De cualquier manera, en ningún apartado ni curso se logró una tasa de respuestas incorrectas inferior al 50%, lo que puede denotar que realmente, el propio concepto de estructura de la materia como un todo es ya de por sí una parte difícil del currículo de química en las enseñanzas medias. Continuando con el cómo y en qué orden se introduce la estructura de la materia en educación secundaria entran dos conceptos, la discontinuidad y el vacío, que suelen crear conflicto en estudiantes de todos los niveles. Dichos conceptos son esenciales para entender los modelos más completos acerca de la estructura de la materia y, sin embargo, un número elevado de alumnos de ciencias de todos los niveles –desde 1º de la ESO a último año de carrera en química– mantienen concepciones erróneas o, directamente, omiten el concepto de vacío cuando realizan deducciones acerca de la estructura de la materia (Gómez Crespo y Pozo Municio, 2003).

Por último, una vez el alumno llega a los últimos cursos de educación secundaria, su bagaje académico acerca de la estructura académica se resume en:

- Modelos históricos del átomo
- Tres modelos de enlace (covalente, iónico, metálico), a menudo explicados sin ser ligados convenientemente a la teoría atómica y, según (González Felipe, 2017), son modelos tratados de forma independiente, como descripciones de la realidad.
- Explicaciones del comportamiento de gases, líquidos y sólidos y sus transformaciones en base a un modelo corpuscular.

Recursos o instrumentos analizados

Para comprobar el enfoque y temporalización de los conocimientos de estructura de la materia se han analizado los libros de Física y Química de 1º de Bachillerato de la editorial Edelvives, así como los de Química de 2º de bachillerato de la misma editorial (Arróspide Román, 2003) y otro de la editorial Anaya (Zubiaurre Cortés, Arsuaga Ferreras, y Garzón Sánchez, 2009). El currículo estudiado es incluido en las órdenes ECD/489/2016 y ECD/494/2016 del Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón (ECD, 2016a, 2016b), que aprueban los currículos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, respectivamente. Del currículo se ha estudiado los contenidos y su temporalización. En los libros de texto mencionados se ha analizado en qué orden aparecen los contenidos. Un resumen se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Modelos atómicos y conceptos de enlace químico en los distintos cursos de Educación Secundaria y Bachillerato.

Curso	Modelos propuestos
2º de ESO	Existencia de partículas y explicación de las propiedades de sólidos, líquidos y gases en función de esta concepción.
3º de ESO	Concepto de átomo con protones, neutrones y electrones. Modelo de Thomson («púdin de pasas») Modelo planetario Modelo de Rutherford Enlace covalente Enlace iónico Enlace metálico
1º de bachillerato	Modelo de Dalton

Curso	Modelos propuestos
	Estructuras de Lewis
2º de bachillerato	Modelo de Bohr Modelo cuántico Principio de Incertidumbre Concepto de orbital atómico Estructuras de Lewis Enlace covalente Teoría RPECV Hibridación Resonancia Geometría y polaridad Enlaces intermoleculares Enlace iónico Enlace metálico

También se han analizado, dentro de los textos de segundo de bachillerato las imágenes empleadas para describir el enlace covalente. A modo de ejemplo se incorporan dos ejemplos, uno de cada libro, en la Figura 2.

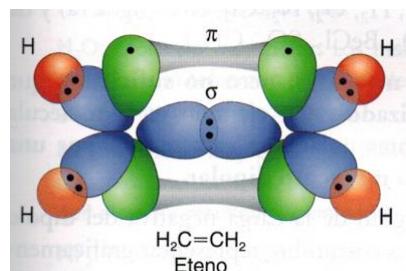
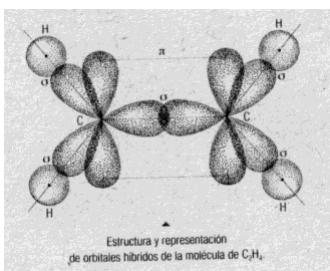


Figura 2. Representaciones de los orbitales híbridos y esquema de enlace en la molécula de eteno. Izquierda, editorial Edelvives; derecha, editorial Anaya.

Por último, durante la realización de este trabajo se ha comentado a excompañeros del Grado en Química *¿Sabrías explicar qué es un orbital, sea atómico o molecular y el concepto de hibridación? Explicarlo ya no de manera técnica, sino de manera que un alumno de bachillerato lo entienda pero que no pierda rigor. Tampoco me refiero a que sepan hacer sólo el ejercicio de selectividad?* Ante esta pregunta, de siete excompañeros, todos menos uno dieron una respuesta negativa o en el mejor de los casos, dubitativa («seguro que de forma sencilla podría explicarlo»). En un caso existió la respuesta «es lo único que no llegué a entender de la carrera», junto a otras apreciaciones que denotan la dificultad del concepto para los propios egresados de la carrera de química.

Resultados

A partir del marco teórico analizado se propone estudiar las causas de que el concepto de orbital atómico y molecular sea problemático en alumnos, aun cuando éstos tengan un buen expediente académico.

En primer lugar se toma en consideración la preparación del docente. De un estudio de los planes de estudio universitarios y testimonios de excompañeros del Grado en Química la conclusión es que la estructura de la materia a nivel atómico y molecular es un concepto que, pese a un mínimo de cuatro años de formación académica, plantea aún

dificultades a los posibles profesores. Esta deficiencia puede generar una falta de confianza en el profesor, que puede recurrir a un abuso de modelos o directamente a un fomentar un aprendizaje basado en problemas, en el sentido de que enseña de forma mecánica a resolver preguntas como la expuesta en la Introducción a modo de ejemplo.

Por otro lado, es fundamental tener en cuenta el cómo y cuándo se transmiten los conocimientos al alumno. El currículo y los libros prevé que primero se trate la materia de forma macroscópica y luego microscópica. Tanto el temario como los alumnos tienden, en general, a explicar fenómenos de la vida diaria con concepciones macroscópicas y empleando modelos demasiado sencillos. Un ejemplo de esta práctica es el empleo del modelo de Bohr para explicar los espectros atómicos. Otro ejemplo ocurre tanto en currículo como libros, en los cuales se definen tres modelos de enlace independientes el uno del otro, cuando la realidad es que no existe un modelo puro en la naturaleza. Sin embargo, dichas explicaciones son válidas para explicar las preguntas que se plantean al alumno a cada nivel.

En los libros, la hibridación suele definirse como «combinación de orbitales atómicos» pero, sin embargo, no se suele poner un ejemplo o demostración de este hecho –sólo ocurrió en el libro de Edelvives–.

Para finalizar se tiene el que posiblemente sea el mayor hándicap a la hora de entender la estructura de la materia: el concepto de vacío no se entiende, como se ha comentado en la fundamentación teórica. En muchos libros en general y en uno de los analizados en particular (el de Anaya) se muestran los orbitales como superficies, lo que puede llevar a los alumnos a pensar que realmente los orbitales son «brazos» que unen los núcleos de las moléculas. El otro libro lo hace mejor al usar una representación con puntos, que se puede considerar un mejor compromiso entre lo que se quiere representar, una zona con probabilidad de que esté el electrón, y una manera de plasmarlo en papel.

Discusión y consideraciones finales

Se han estudiado distintos factores que afectan a cómo se entienden los conceptos probablemente más avanzados en la química de las enseñanzas medias. Tras el trabajo realizado se ha comprobado que no sólo es un problema que la teoría cuántica quede reservada al último año, concepto que pensaba como futuro profesor. Posiblemente en fragmento temporal de ese último curso sí se podría instruir a los alumnos con una explicación de la estructura de la materia que, pese a desprovista del argumento matemático, es bastante precisa y les permitiría adquirir conocimientos futuros de química y ciencias afines tales como la biología.

Sin embargo, durante la realización de este trabajo se han encontrado más causas. La principal es el la organización de los contenidos en educación secundaria, que va llenando de símiles y modelos aplicables al mundo macroscópico que los alumnos siguen manteniendo en el microscópico. Este inmovilismo, unido al concepto abstracto de vacío suponen las mayores dificultades en la enseñanza de teorías acerca de la estructura de la materia de mayor rigor científico y mayor capacidad para explicar fenómenos. Además, se ha comprobado que ciertas reglas como la del octeto, al ser sencillas de transmitir sin su explicación física, sí son asimiladas por los alumnos con facilidad, convirtiéndose en otro inconveniente al no adquirir los alumnos también el fundamento científico.

Pese a que se ha apreciado que los docentes podrían no contar con conocimientos avanzados sobre el contenido, no era posible en un trabajo de este tipo hacer un estudio riguroso. Sí queda claro que, al menos en esta misma Universidad se sigue un desarrollo

de los contenidos de más sencillo a más complejo que mantiene similitudes con la educación secundaria y bachillerato, por lo que es posible que esta problemática en la adquisición de conocimientos se mantenga en la educación superior.

Por último cabe destacar que hay que ser cuidadosos con los el lenguaje e imágenes que empleamos con los alumnos, ya que en este campo, gobernado por la mecánica cuántica, muchos conceptos no son intuitivos ni fáciles de representar, como ocurre con los orbitales atómicos y moleculares.

Referencias

- Arróspide Román, M. C. (2003). *Q2: química : ciencias de la naturaleza y de la salud : Bachillerato*. Madrid: Edelvives.
- Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón. (2016a, mayo 26). Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón. (2016b, mayo 26). Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Gómez Crespo, M. Á., y Pozo Municio, J. I. (2003). Discontinuidad de la materia: más allá de nuestros sentidos. En *Aspectos didácticos de física y química (Química)*. 11. Zaragoza: Instituto de Ciencias de la Educación.
- González Felipe, M. E. (2017). *El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje*. Universidad de Castilla-La Mancha. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=150124>
- González Felipe, M. E., Aguirre Pérez, C., Fernández Cézar, R., y Vázquez Molini, A. M. (2018). Concepciones alternativas de los alumnos de educación secundaria sobre el enlace químico. *Didácticas Específicas*, (18), 26-44.
- González Pérez, T., y Varela Calvo, C. (2016). La formación inicial del maestro/a de primaria en ciencias durante el período 1970-1990. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 15(29), 111-124. <https://doi.org/10.21703/rexe.201629111247>
- Posada, J. M. de. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 227-245-245.
- Taber, K. S. (2016). Enlace químico y estructura atómico-molecular en secundaria. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (86), 19.
- Zubiaurre Cortés, S., Arsuaga Ferreras, J. M., & Garzón Sánchez, B. (2009). *Química*. Madrid: Anaya.

Anexo B: Proyecto de Innovación Docente: «Contextualización de la Dinámica a través de la Educación Vial en 1º de Bachillerato».

Contextualización de la Dinámica a través de la Educación Vial en 1º de Bachillerato

Enrique Guerreiro Gómez. Física y Química para ESO y Bachillerato.

Introducción

La Educación Vial es uno de los objetivos incluidos por la vigente ley educativa en las distintas etapas educativas, incluido el Bachillerato (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2018). A lo largo de la escolarización se trata la Educación Vial como un tema transversal a tratar en todas las asignaturas, si bien al menos un gobierno autonómico la ha aprobado como asignatura de libre configuración para 1º y 2º de ESO (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2017). Bajo mi punto de vista, es en Bachillerato donde se puede ir algo más allá y hacer de la Educación Vial ya no sólo un tema transversal, sino un pretexto por sí mismo que puede emplearse para trabajar la Física en el aula. Los motivos son dos: los alumnos ya están próximos a tener la edad legal para obtener el carnet de conducir y tienen una madurez y conocimientos previos de Física que permiten desarrollar los contenidos.

Esta propuesta fue llevada a cabo en los períodos de Prácticum II y III en un grupo la asignatura de Física y Química de primero de Bachillerato en el IES Goya de Zaragoza, enmarcado en el bloque de contenidos de Dinámica. El grupo-clase era bastante numeroso, 29 alumnos, lo cual a priori dificultaba la realización de actividades de laboratorio, por lo que se ha optado por el uso de vídeos y estudios de caso que puedan ser realizados en el aula.

El proyecto tenía una finalidad doble: la introducción de la Educación Vial y situaciones reales en el aula, y al mismo tiempo fomentar la concienciación de los alumnos en este tema. Al ser un grupo de la modalidad de bachillerato más orientada hacia el mundo de la ingeniería (cursan Dibujo Técnico y Tecnología Industrial), existían varios alumnos con inquietudes hacia la mecánica y los coches, si bien ninguno tenía aún ningún permiso de conducción, como podría haber sido el de ciclomotor. Si bien recientemente ha salido a la luz que cada vez menos jóvenes obtienen el carnet de conducir, la franja de edad de 18 a 20 años sigue siendo en la que más carnets se obtienen (El País, 2019). Por ello, otro objetivo de este proyecto es permitir que los alumnos y alumnas obtengan conocimientos que les sean útiles para la futura obtención del carnet de conducir, la cual probablemente será en los años siguientes de haber cursado la asignatura.

La propuesta no busca una forma de impartición de todos los contenidos del bloque de dinámica desde el punto de vista de la Educación Vial, ya que algunos siguen estando demasiado alejados, tal como puede ser la introducción de la ley de Gravitación Universal. Sin embargo, sí se ha intentado transmitir la importancia de la Física en la vida cotidiana e intentar que la Educación Vial fuera el hilo conductor para prácticamente todos los contenidos.

Fundamentación teórica

Para fundamentar el objetivo de este trabajo es necesario basarse en dos aspectos fundamentales: la idoneidad de la contextualización en la clase de ciencias y la problemática general que suele plantear este bloque de contenidos.

Enseñar la ciencia en contexto

Caamaño, Enrech, Plana, Pont, y Pueyo (2005) ya manifiestan algo que muchos profesores y profesores en formación nos planteamos: los contenidos de nuestras asignaturas se encuentran muy distanciados de los intereses de nuestro alumnado. Sin embargo, somos conscientes de que las leyes y principios físicos, en este caso, son la base que rige el funcionamiento de todo lo que nos rodea. Por lo tanto, la contextualización es una parte más dentro del diseño de una unidad didáctica, pudiendo ser esta contextualización de tres tipos: histórica, metodológica y socioambiental (Vázquez González, 2004, citado en Pastor, 2014). Caamaño et al (2005) mencionan que una de los enfoques para contextualizar la ciencia es el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad). Este tipo de contextualización es en el que se enmarcaría este proyecto, ya que se busca ver la utilidad de la ciencia y la tecnología derivada de la misma en el propio entorno. Pastor (2014) aporta dos ideas esenciales. La primera, “Una de las principales finalidades de la enseñanza de las ciencias es conseguir que los estudiantes sean capaces de transferir los conocimientos aprendidos a nuevas situaciones” es la que motiva la elección de la educación vial, ya que se pretende que los conocimientos de dinámica aprendidos sirvan a los alumnos en ese aspecto de su vida, más allá de que les permita superar la asignatura y ser preparación para cursos posteriores donde sean necesarias estas destrezas. La segunda afirmación es aquella que indica que “Si lo que se aprende no es percibido como útil, será difícil dotarlo de sentido y se olvidará fácilmente”. Por lo tanto, se busca que las actividades de este proyecto, o más bien las conclusiones que cada alumno construya sobre ellas, tengan un sentido y les permitan recordar mejor los conceptos expuestos.

La educación vial ha formado parte de distintas propuestas didácticas relacionadas con la Física, donde se han buscado relaciones tanto con la cinemática (Yopasa Cabiativa, 2017) como con la dinámica (Ramírez Rodríguez, 2017). También se han llevado a cabo enfoques integrados que interrelacionan las distintas disciplinas científicas como el programa *Science & Road* llevado a cabo hace tres décadas en Australia, que trabaja tanto la física del vehículo como la parte biológica del conductor (Gardner, 1989). Si bien ya existen aproximaciones como las descritas, la propuesta que queremos desarrollar está orientada para poder ser trabajada en un grupo de tamaño medio-alto, por lo que sigue teniendo un aspecto clásico de “problemas de lápiz y papel”, si bien la contextualización y el uso de casos reales es una de las mejoras a incorporar.

La problemática de la dinámica en los alumnos de secundaria

A la hora de diseñar cualquier innovación –o sencillamente, antes de entrar en clase a explicar cualquier concepto–, es esencial encontrar las dificultades generales que plantea un bloque de contenidos a los alumnos, así como ver de qué formas se han abordado dichos contenidos previamente. A continuación se indica cuáles han sido las principales fuentes de inspiración empleadas para diseñar algunas de las propuestas.

Espinoza (2005) recoge cómo la visión de los estudiantes hacia los conceptos fundamentales de la dinámica suele ser incorrecta y, lo más importante, parecida a los estudios de Aristóteles, Averroes, Avempace y en general todo tratamiento previo a

Galileo y Newton. Por ello, la principal idea a tener en mente a la hora de desarrollar la dinámica en clase es conseguir que los alumnos derriben esas ideas alternativas, construyendo su conocimiento acerca de la dinámica hacia la postura correcta. Esto suele ser muy importante a la hora de desarrollar el concepto de inercia y lo que implica la primera ley. En concreto, Marioni (1989) indica cuáles son algunos de las principales dificultades que encontramos cuando los alumnos aprenden los conceptos de dinámica:

- El uso de sistemas de referencia absolutos, que suele dar problemas para comprender el concepto de inercia.
- La asociación de fuerza y movimiento, muy fundamentada en las interpretaciones de sentido común sobre eventos cotidianos.
- La experiencia diaria en la que para mover un objeto es necesario aplicar una fuerza o si no, este se detiene. La abstracción que hizo Galileo del rozamiento nulo es complicada de interiorizar.

Marioni continúa proponiendo una modo de abordar esta problemática que se basa en el estudio de situaciones de la vida cotidiana, para luego centrarse en cómo los entienden los alumnos.

Otro concepto adicional que suele dar especiales problemas a los alumnos es el de fuerza de rozamiento o fricción y su identificación. Desde las clases de *Contenidos Disciplinares de Física* se nos hizo ver que es un concepto que plantea muchas dificultades a los alumnos, aunque para el autor de este trabajo era una idea nunca antes planteada. Sin embargo, es evidente que es un concepto complejo tal y como evidencian López Ríos y Covaleda (2005) en estudios con alumnos de primer curso de universidad. Además parece que la comprensión de fuerza de rozamiento como fuerza de sentido contrario al movimiento puede ser demasiado sencillo como para permitir a los alumnos comprender todas las implicaciones de la misma, según se demuestra en el trabajo de Escudero, González, y Jaime (2005). El aparente carácter dual que pueden tener los alumnos de la fuerza de rozamiento (bien sea como oposición al movimiento, bien sea como lo que provoca el giro) genera dificultades y es necesario encontrar estrategias para asentar correctamente el concepto como un todo.

Metodología

Como se ha comentado en la Introducción, la mayoría de actividades han sido realizadas en el aula, y mayoritariamente es estudiar casos en los que se contextualizan los conceptos del bloque de contenidos. A continuación se explica cada una de ellas, la finalidad, los objetivos que tenían y cómo se ha evaluado la adquisición de conocimientos en cada uno. Las actividades permitían que trabajaran en las parejas en las que estaban dispuestos en clase.

Primera Ley de Newton y el concepto de inercia

Tras una pequeña explicación de qué llevó a Newton a enunciar sus leyes, se les enunció la primera ley con el siguiente enunciado: “Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo y uniforme si no actúan fuerzas sobre él, o si la resultante de las fuerzas es nula” (Rodríguez Cardona, 2015). A continuación se definió el concepto de inercia como tal y se les expuso un anuncio de la Dirección General de Tráfico que emplea la primera ley de Newton como motivo (véase el Anexo 1 para el

enlace). Tras el vídeo se realizó un pequeño debate en el que se plantearon las siguientes preguntas:

- *¿Qué fuerzas actúan sobre una persona que va en un coche?*
- *¿Cuál es el papel del cinturón de seguridad?*
- *Analicemos el caso contrario: ¿qué ocurre cuando un autobús arranca bruscamente?*

Tras cada pregunta se dejaba a los alumnos que aportaran sus ideas y, en ciertos casos, se detectaban algunas ideas alternativas (i.e., se mencionaba que había una “fuerza” que nos llevaba hacia adelante), por lo que la función del profesor era ayudar a que los alumnos entendieran el fenómeno de la inercia. Adicionalmente, se les pidió que comprobaran la veracidad de la afirmación que hace la DGT al comparar los efectos de un choque de tráfico con una caída libre. Sobre este concepto se les planteó una pregunta en el examen: “Si voy en un autobús a velocidad constante, y este frena bruscamente, ¿qué me sucede? ¿A qué fenómeno físico se debe? Explícalo con tus conocimientos de dinámica”. En las respuestas se buscaba que describieran la situación antes y después de frenar y el concepto de inercia. Si bien las explicaciones eran algo vagas, en muy pocos casos (3) eran directamente erróneas (aparición de fuerzas inexistentes o una explicación fundamentada en la segunda ley de Newton sin mencionar la inercia). En la Figura 1 se incorpora una respuesta que entra dentro de lo esperable:

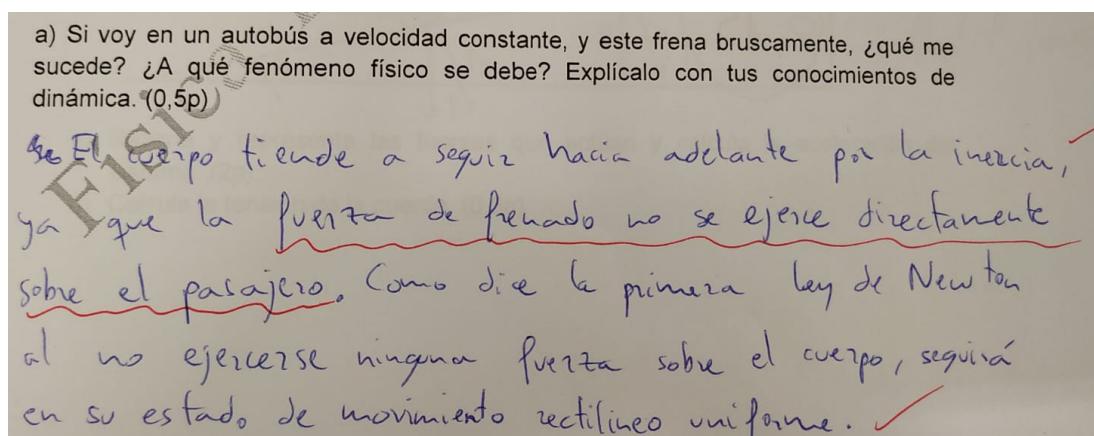


Figura 1. Respuesta adecuada a la pregunta sobre el principio de inercia

Es de destacar un aspecto sobre esta pregunta. El examen constaba de una serie de preguntas de argumentación y teoría (Leyes de Newton, la que trabajamos aquí y otra sobre Gravitación Universal), junto a los problemas. En estas preguntas de teoría, y especialmente en esta, se consiguió que todos los alumnos que hicieron el examen plantearan sus ideas, incluso aquellos alumnos que manifestaban su desinterés hacia la asignatura (bien por los resultados previos en otros exámenes, bien por querer cambiarse de modalidad de bachillerato al curso siguiente). Aunque estos alumnos no hicieron los problemas, sí se vio que al menos estos conceptos fueron adquiridos en cierta medida, por lo que una de las finalidades de esta propuesta, que era afianzar conocimientos de educación vial desde la óptica de la física, por lo que se considera que tuvo buen resultado.

Fuerza de rozamiento

Para exponer el concepto de fuerza de rozamiento se planteó a los alumnos el visionado en clase de unos fragmentos de un vídeo donde se hacía frenar a un automóvil a distintas velocidades y con la superficie seca o mojada (véase el recurso 2 del anexo y la Figura 2). Los alumnos recibían como datos la velocidad inicial y la distancia de frenado. Se les planteaba obtener la aceleración un caso en seco y otro en mojado. Una vez obtenido el coeficiente se les hizo obtener el coeficiente de rozamiento en cada caso y, en una de las situaciones, ver cómo los datos obtenidos a una velocidad se pueden extrapolar a otras velocidades iniciales que salen en el vídeo y por tanto comprobar cómo la Física no es sólo un saber académico, sino que tiene una relación directa con la realidad.



Figura 2: fotograma del vídeo proyectado en clase, donde se ven los datos que tienen que tomar para realizar la tarea pedida. (En el Anexo 1 se encuentra el enlace al vídeo completo)

Sin embargo, esta actividad fue complicada de llevar a cabo por dos motivos fundamentales. El primero fue el tiempo –se realizó al final de una clase– y el segundo fue las dificultades que planteaba a los alumnos calcular la aceleración. Esto último fue un aspecto que llamó la atención como profesor y sirvió de base para plantear una parte de la siguiente actividad.

Planos inclinados: razonando una pregunta del examen teórico de conducir

Tras explicar distintas situaciones de planos inclinados, con y sin rozamiento, se planteó seguir con la idea de este proyecto de innovación y confeccionar un problema en contexto para que los alumnos trabajaran en las vacaciones de Semana Santa. El enunciado del trabajo se incluye en el Anexo 2.

Los objetivos de esta actividad eran poner en contexto las fuerzas de rozamiento en un plano inclinado y conseguir que los alumnos tomaran un método de trabajo para afrontar los problemas de dinámica. Sin embargo, no es un problema de dinámica más: lo que se busca es que, resolviendo las distintas situaciones que se les plantean, sean capaces de argumentar desde el punto de vista físico algo tan elemental como es una pregunta del examen teórico para obtener el carnet de conducir. Adicionalmente se quería introducir algún concepto de cinemática a fin de reforzar los mismos, con la experiencia vista en las actividades anteriores. Por último, se quería dar la oportunidad a los alumnos de practicar

en la resolución de problemas y de poder tener retroalimentación por parte del profesor como preparación para el examen. Por ello, la entrega de un trabajo adecuado permitía subir hasta medio punto la calificación del examen.

Si bien el trabajo no tuvo la acogida necesaria, ya que sólo fue realizado por la mitad de los estudiantes que luego se presentaron al examen, entre los trabajos entregados se encontró que si bien los alumnos acababan argumentando para dar la respuesta correcta, muchos parecía que lo hacían porque ya “conocían la respuesta”, por lo que la finalidad inicial tampoco se cumplió de forma satisfactoria. Dos ejemplos de respuesta se acompañan en la Figura 3. Esta pregunta era deliberadamente abierta para que los alumnos pudieran razonar algo aunque no dispongan aún de todos los conceptos. Por ejemplo, una respuesta muy detallada podría estudiarse cuando los alumnos conozcan los conceptos de impulso, o de energía y trabajo, para dar un resultado numérico de qué sucede para cada coche en cada experiencia. Sin embargo, sí hubo alumnos que se atrevieron a sumar las fuerzas, o al menos explicar de palabra cuál era la respuesta adecuada.

Coche A

$$\Sigma F = 223'88 \text{ N} + 223'88 \text{ N} + 1184'79 \text{ N} = 1632'55 \text{ N}$$

Coche B

$$\Sigma F = 74'62 + 74'62 + 886'28 = 1035'52 \text{ N}$$

Ya que el coche A realiza mayor fuerza tanto para
y volver a arrancar, el coche A tiene preferencia y
por tanto el coche B tendría que parar, dejar parar al
A y seguir su camino.

Tiene prioridad el que circula en sentido ascendente ✓

a) A

$$F_T = 2193'9 \text{ N} + 2193'9 \text{ N} + 11598'9 \text{ N} = 15986,7 \text{ N}$$

B

$$F_T = 731'2 \text{ N} + 731'2 \text{ N} + 8673'79 \text{ N} = 72114,9 \text{ N}$$

El coche que se encuentra ^{ascendiendo} ~~descendiendo~~ ha tenido
que realizar ^{ascendiendo} ~~descendiendo~~ una fuerza.

Figura 3. Dos tipos de respuesta a la última pregunta del trabajo.

Sin embargo, sí se logró una finalidad secundaria. En la corrección se encontraron algunos errores, sobre todo los relativos a la identificación de fuerzas y la elección de un sistema de referencia. Tras entregar el trabajo corregido se expusieron aquellos conceptos más importantes, y se comprobó que esos mismos alumnos no los volvieron a cometer en los problemas del examen escrito (Anexo 3). Para valorar la mejoría se aplicó de forma interna una rúbrica que se detalla en la Tabla 1. Los resultados se aprecian en la Tabla 2, donde se ha valorado cada problema empleando la rúbrica, se ha hecho media de las preguntas del trabajo, de las del examen y la diferencia entre ambos. Salvo casos contados, se apreció una mejoría clara en cada alumno, existiendo casos donde el alumno pasó de no haber identificado correctamente ninguna fuerza, a hacerlo de forma idónea en el ejercicio.

Tabla 1. Rúbrica empleada para valorar la adquisición de conocimientos en el ejercicio de Semana Santa y en el examen final.

	Muy bien	Bien	Regular	Mal
Identificación de fuerzas	(1) se identifican todas las fuerzas	(0,75) Se identifican todas las fuerzas, pero una se orienta mal aunque no afecte al resultado/el alumno identifica luego el error	(0,5) No se identifica una fuerza, pero las que se hacen se hacen de forma correcta/No se identifican pero se emplean correctamente en el desarrollo	(0) No se identifican las fuerzas correctamente
Elección de un sistema de referencia		(1) El sistema de referencia es coherente en todo el problema	(0,5) El sistema de referencia no se indica de forma explícita, pero se demuestra su uso	(0) Sistema de referencia incorrecto

Tabla 2. Mejora en los resultados de los alumnos que realizaron el problema y el examen

Parte 1: identificación de fuerzas

Alumno	Trabajo Semana Santa				Examen					
	IF 1	IF 2	IF 3	Promedio	IF 1	IF 2	IF 3	Promedio		
1	1,00	1,00	0,75	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00		0,08
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,25		0,25
3	1,00	1,00	0,00	0,67	0,50	1,00	1,00	0,83		0,17
4	1,00	0,00	0,75	0,58	1,00	1,00	0,75	0,92		0,33
5	0,00	0,50	0,50	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00		0,67
6	1,00	0,00	0,00	0,33	0,50	1,00	0,00	0,50		0,17
7	0,75	0,00	0,00	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00		0,75
8	1,00	0,00	0,75	0,58	0,50	1,00	1,00	0,83		0,25
9	0,75	0,00	0,00	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00		0,75
10	1,00	0,00	0,75	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00		-0,58
11	0,75	0,00	0,00	0,25	0,50	1,00	0,75	0,75		0,50
12	0,75	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,75		0,50

Parte 2: elección de un sistema de referencia.

Alumno	Trabajo Semana Santa				Examen					
	SR 1	SR 2	SR 3	Promedio	SR 1	SR 2	SR 3	Promedio		
1	1,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00		0,67
2	1,00	0,00	0,00	0,33	0,50	1,00	0,00	0,50		0,17
3	1,00	0,50	0,50	0,67	0,50	1,00	1,00	0,83		0,17
4	1,00	0,00	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00		0,33
5	1,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00		0,67
6	1,00	0,00	0,00	0,33	0,50	1,00	0,00	0,50		0,17

7	0,00	0,00	0,50	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,67	-0,33
9	1,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67
10	0,50	0,00	0,00	0,17	0,50	0,50	0,00	0,33	0,17
11	1,00	0,00	0,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67
12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,83	-0,17

Velocidad máxima en curvas con y sin peralte

Esta actividad era relativamente sencilla, y suele ser un contenido que ya se incorpora en los libros de texto, como era el caso. El caso es una aplicación del concepto de fuerza centrípeta, que había sido explicado y ejemplificado en clase partiendo de la base de sus conocimientos de cinemática, explicación que fue realizada preguntando constantemente a distintos alumnos cuál era la siguiente consecuencia del razonamiento. Una vez visto el concepto se explicó cómo, empleando los conocimientos de dinámica, se puede razonar cuál es la velocidad máxima que puede un coche tomar en una curva en función de su coeficiente de rozamiento y el radio, en el caso sin peralte.

Se hizo hincapié en la pregunta *¿qué sucedería en el caso de haber llovido?*, donde, por lo general, los alumnos ya asumieron lo que sucedía: había que reducir la velocidad. Se hizo hincapié en que se debía a la disminución del coeficiente de rozamiento μ y cómo matemáticamente esto afectaba al valor de la velocidad. Al finalizar la clase se les planteó que se preguntaran qué sucede cuando cambia el radio de una curva, y por qué en las autovías las curvas son más amplias. La segunda experiencia que se les hizo razonar fue el caso de una curva sin rozamiento pero con peralte, y una vez razonado, se plantearon la pregunta: *¿habéis visto algún caso, dentro de los deportes de motor, donde se puedan aplicar estos conocimientos?*, con una clara orientación a que se fijaran en qué sucede en, por ejemplo, las motos al tomar una curva. Era esencial también comentar la no existencia de la “fuerza centrífuga” cuando tomamos una curva, y que era, de hecho, una consecuencia más de la primera ley.

Sobre estos conceptos versó el tercer problema del examen (Anexo 3), donde se les expuso una situación real (con datos medidos mediante fotos de satélite de la zona), pero adaptada a algo que ellos pudieran modelizar. Si bien la pregunta de razonamiento de la expresión tuvo resultados bastante satisfactorios, en las preguntas sucesivas faltó, en algún caso, un mejor razonamiento físico y la relación con las expresiones que ellos mismos habían obtenido. Como ejemplos se incorporan algunos fragmentos en las Figuras 4 y 5.

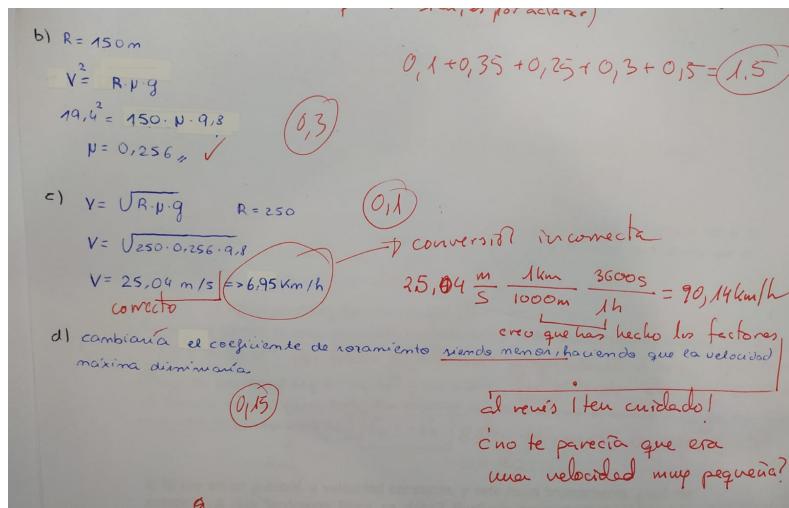


Figura 4. Respuestas al ejercicio sobre la velocidad en una curva. Caso en el que posiblemente no se haya adquirido correctamente el concepto, al dar como resultado un valor incoherente y no argumentar su no validez. Sin embargo, sí razona adecuadamente qué sucede con el rozamiento.

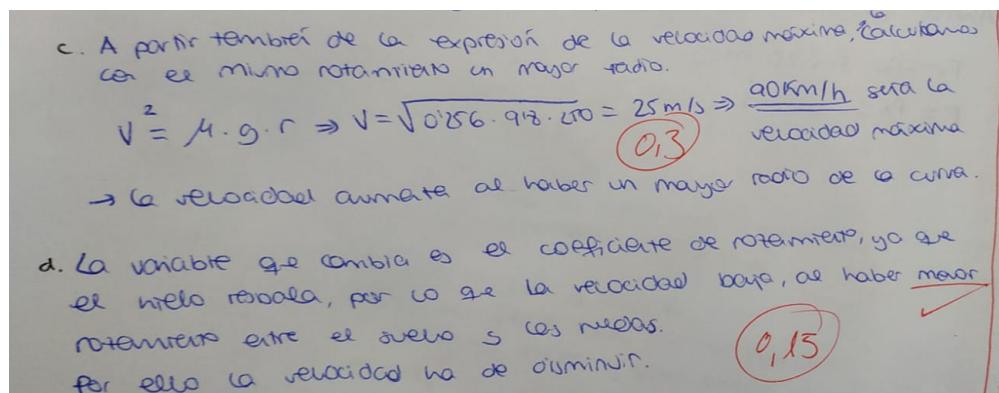


Figura 5 Caso en el que el alumno realiza el problema y argumenta correctamente, empleando el lenguaje escrito.

La puesta en valor de todo lo aprendido en una charla de Educación Vial

Esta última actividad no estaba prevista, y la realidad era que se quería haber comentado alguno de estos aspectos al acabar el bloque de contenidos. Sin embargo, el último día de Prácticum los alumnos del grupo clase asistían a una actividad denominada *The Road Show*, organizado por Policias por la Seguridad Vial/TRAFFIC, premio a la mejor acción de seguridad vial 2018 por la fundación “Ponle Freno” y desarrollado en el Auditorio de Zaragoza. Como no interfería con el resto de labores del Prácticum, y al ser las actividades complementarias otra labor más que hacemos como docentes, decidí acompañar a mis alumnos a la misma. En ella, diversos profesionales de la salud y seguridad, así como accidentados y familiares exponían historias reales de accidentes. Además de lo impactante de la experiencia, se pudo ver cómo en ella aparecían conceptos como el *frenazo brusco*, la *inercia* o qué sucedía en las curvas. En el trayecto de vuelta al instituto se pudo comprobar en un pequeño debate que para una mayoría de alumnos los conceptos de física aprendidos tenían sentido, y se plasmaron en comentarios como los aquí recogidos:

- “Pues va a ser verdad que la inercia era importante”
- “Ahora entiendo por qué incidías tanto en el rozamiento cuando llovía o nevaba”

Además, muchos alumnos comenzaron a hacer preguntas de nivel más elevado, e intentaban entender situaciones de la conducción que, aunque requerían conocimientos más avanzados, les dejó claro el valor de la Física para esta parte de nuestra vida cotidiana. Por último se les dejó algunas preguntas para reflexionar:

- ¿Por qué no es recomendable colocar objetos en la bandeja del maletero?
- ¿Por qué debemos cambiar los neumáticos, además de para evitar reventones?
- ¿Cómo podrías añadir el efecto del viento lateral al conducir o ir en moto?
- ¿Cómo debería ser, entonces, la fuerza que realiza el motor?

Resultados

Para valorar los resultados de este Proyecto de Innovación Docente, se va a valorar cómo ha resultado cada una de las actividades planteadas, para luego dar una visión global. A continuación se evaluará el PID como un todo.

La primera actividad, relativa al principio de inercia, ha resultado relativamente satisfactoria al haberse conseguido que la mayoría de alumnos sepan razonar situaciones de la vida cotidiana empleando la inercia, si bien se ha detectado una falta de concreción a la hora de expresar sus ideas en el examen escrito. En cuanto al interés que ha suscitado, es uno de los conceptos en el que los alumnos más interés han mostrado, motivado posiblemente por los recursos empleados en su contextualización (bien sea el anuncio de la DGT o el evento *Road Show*). Además, se ha constatado que los alumnos que plantean abandonar la asignatura han interiorizado en su práctica totalidad un concepto a veces tan poco intuitivo, tal y como se comentaba en la Fundamentación Teórica.

La segunda actividad, el trabajo con planos inclinados, adolece del problema de la escasa implicación de los alumnos en el problema de Semana Santa, por lo que los resultados son dispares. Los alumnos que lo trabajaron han encontrado una mejora directa en su destreza para abordar problemas de dinámica, y los que no participaron posiblemente también se beneficiaron de cuando se debatieron los errores cometidos en clase. Posiblemente la mayor crítica, además de no haber logrado una mejor recepción por parte del alumnado, es que los alumnos percibieron el trabajo como algo farragoso, si bien no había sido diseñado con eso en mente. Esto demuestra que posiblemente los alumnos en secundaria rara vez se enfrenten a problemas de larga extensión y/o con muchos subapartados, lo cual merecería una reflexión, ya que en su futuro académico se encontrarán con tareas de mayor envergadura para las que tendrían que estar preparados.

El razonamiento y discusión de qué sucede cuando un coche toma una curva fue posiblemente el apartado que más cueste evaluar, ya que pese a que los alumnos respondieron muy bien a lo que se planteaba, parece que hay dos tipos de alumno: aquel que comete un error incoherente y no lo detecta, y aquellos que aunque “saben la respuesta” fracasan al proporcionar un resultado analítico. Sin embargo, fue una actividad que varios alumnos percibieron como interesante y el uso de un caso real en el examen llamó la atención hasta de alumnos que no llevan bien la asignatura, porque alguno ya conoce la carretera donde se basa el citado problema.

En suma, de las tres actividades planteadas podemos intuir que del doble objetivo planteado, las tres cumplen en cierta medida el objetivo de crear interés por la materia a través de la Educación Vial, si bien sólo en la primera actividad queda clara una correcta

adquisición de los conceptos, mientras que en la segunda es complicado decidir ya que en ciertos alumnos sí se ha visto una clara mejoría. En la tercera se ha logrado un correcto razonamiento de las situaciones por los alumnos, pero se encuentran errores matemáticos o de concepto en algunos razonamientos.

Para evaluar el proyecto en sí, se ha empleado la rúbrica planteada por la Fundación Telefónica (Fundación Telefónica, 2014) en la que se trabajan los siguientes aspectos recogidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Aplicación de la rúbrica para evaluar este PID

Indicador	Grado de logro autoasignado (de 1 a 4)
Experiencia de aprendizaje vital	3 – se han aportado experiencias reales y auténticas en las actividades, focalizando en una competencia para la vida como es la seguridad vial
Metodologías activas de aprendizaje	2 – en varias actividades se ha recurrido en exceso a la clase tradicional, que si bien era participativa y se preguntaba continuamente a los alumnos cómo seguir los razonamientos, sólo ha habido una experiencia de aprendizaje autónomo real, el trabajo de Semana Santa
Aprendizaje más allá del aula	2 – se ha seguido en gran medida el currículo, aunque contextualizándolo. Sí se ha realizado la actividad externa de Educación Vial pero tampoco se ha aprovechado al máximo
Experiencia de aprendizaje colaborativo	2 – realmente, sólo ha habido trabajo en grupo en las distintas situaciones que se razonaban en clase, y posiblemente el trabajo de Semana Santa haya sido realizado en algún pequeño grupo.
Aprendizaje C21	1 / 2 – No se ha tenido en mente un trabajo por competencias
Experiencia de aprendizaje auténtica	3 – las actividades realizadas estaban encaminadas a generar aprendizajes auténticos en lo personal, dada la relevancia del tema tratado en nuestra vida
Experiencia de aprendizaje en base a retos	3 – se ha trabajado fundamentalmente a través de problemas, casos y preguntas
La evaluación como herramienta de aprendizaje	2 – se ha planteado una actividad intermedia para permitir a los alumnos medir su grado de adquisición de los objetivos propuestos

Experiencia de aprendizaje digital	1 – No se ha planteado crear ningún producto digital, si bien este punto en concreto no se planteó por falta de tiempo.
Experiencia de aprendizaje sostenible	2 – a lo largo del proyecto sí se han hecho adaptaciones para intentar reforzar los contenidos previos de cinemática.

En suma, la valoración del proyecto tomando la media de los diez indicadores sería de un 2,1, por lo que hay mucho margen de mejora.

Discusión y consideraciones finales

Possiblemente este proyecto haya pecado de ambicioso al principio. El intentar encontrar relaciones entre Educación Vial y dinámica para casi todos los conceptos que se impartieron provocó que cada una de las actividades no fueran trabajadas con el cuidado necesario. La configuración del grupo-clase puede que desalentara desde el principio a llevar a cabo prácticas más innovadoras (clase invertida, más debates, más trabajo en grupo), pero queda claro que hay que eso sigue siendo responsabilidad y un reto para el docente.

Por otro lado, el desarrollar un temario de Física fue una actividad bastante dura al principio debido a mi formación previa, por lo que prácticamente antes de decidir cómo innovar se tuvo que invertir mucho tiempo en tener claros los conceptos a impartir.

Como conclusión, me considero satisfecho por haber introducido algo tan importante como la Educación Vial en mis alumnos y alumnas, y el interés que bastantes de ellos han mostrado tanto en el campo de la misma como de las posibles aplicaciones y retos a los que se enfrentarán aquellos que ya tienen decidido cursar carreras técnicas. Sin embargo, queda mucho por aprender para poder rebasar las barreras de la clase tradicional y permitir que los alumnos puedan construir ellos mismos su conocimiento en vez de obtenerlo aún en gran parte de su profesor.

Bibliografía

Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria. (2017). *ORDE do 3 de agosto de 2017 pola que se amplía a relación de materias de libre configuración autonómica de elección para os centros docentes na etapa de educación secundaria obligatoria, e se regula o seu currículo e a súa oferta.*

Recuperado de

http://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/20170818_libre_configuracion.pdf

El País. (7 de abril de 2019). ¿Dónde están las «L»? Los jóvenes cada vez se sacan menos el carnet de conducir. Recuperado 12 de mayo de 2019, de Verne website:

https://verne.elpais.com/verne/2019/04/02/articulo/1554159355_712734.html

Escudero, C., González, S., y Jaime, E. (2005). El análisis de conceptos básicos de física en la resolución de problemas como fuente generadora de nuevas perspectivas. Un estudio en dinámica del movimiento circular. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 63-78.

Espinoza, F. (2005). An analysis of the historical development of ideas about motion and its implications for teaching. *Physics Education*, 40(2), 139-146.
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/40/2/002>

Fundación Telefónica. (2014). Decálogo de un proyecto innovador: guía práctica. Recuperado 13 de mayo de 2019, de Observatorio Profuturo website:
<https://observatorio.profuturo.education/blog/2014/09/12/decalogo-de-un-proyecto-innovador-guia-practica-fundacion-telefonica/>

Gardner, P. L. (1989). Road safety education in a science course: Evaluation of science and the road. *Studies in Educational Evaluation*, 15(1), 73-89.
[https://doi.org/10.1016/0191-491X\(89\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0191-491X(89)90024-2)

López Ríos, S., y Covaleda, R. (2005). Ideas de los estudiantes sobre los conceptos de fuerza y fuerza de fricción. Avance de una investigación. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 197-206.

Marioni, C. (1989). Aspects of students' understanding in classroom settings (age 10-17): case study on motion and inertia. *Physics Education*, 24(5), 273-277.
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/24/5/307>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2018). *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (texto consolidado de acuerdo a la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa)*. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-7899>

Pastor, S. L. (2014). Contextualizar en la clase de ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 77, 8.

Caamaño, A., Enrech, M., Plana, O., Pont, J., y Pueyo, L. (2005). La Física Salters: un proyecto para la enseñanza contextualizada de la física en el bachillerato. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 46, 93-102.

Ramírez Rodríguez, M. D. (2017). El IES Saulo Torón gana un concurso internacional

de seguridad vial. Recuperado 13 de mayo de 2019, de El gato de Schrödinger. Blog de física y química. website:
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mramrodp/2017/06/29/usa-ndo-la-fisica-para-explicar-los-riesgos-de-la-conduccion-en-gran-canaria-con-un-juego-de-rol/>

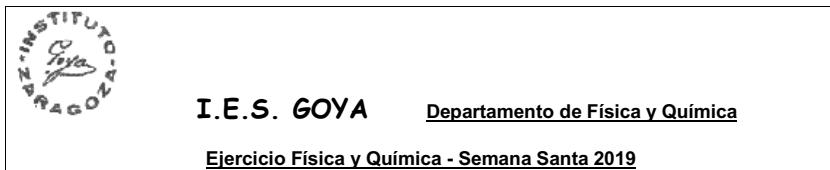
Rodríguez Cardona, Á. (2015). *Física y química*. Madrid: McGraw-Hill Education.

Yopasa Cabiativa, J. C. (2017). *Aplicación de los temas de Tránsito y Seguridad Vial, como estrategia metodológica en la enseñanza de los conceptos de distancia, tiempo, velocidad y aceleración; un estudio de iniciación en la física para estudiantes de quinto de primaria en la ciudad de Bogotá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Anexo 1: recursos web empleados

1. Vídeo sobre la primera ley de Newton
<https://www.youtube.com/watch?v=5Ynb886-dJo>
2. Vídeo para el cálculo de los coeficientes de rozamiento:
https://www.youtube.com/watch?v=LKyDHLkL_oc dentro del mismo se han recortado los fragmentos en los que se ve cada una de las cuatro frenadas para su visionado más sencillo en clase.

Anexo 2: trabajo sobre planos inclinados



Nombre: _____ Curso: _____

Instrucciones: este ejercicio será completado de forma individual durante el periodo de vacaciones de Semana Santa. Tendrá que ser entregado a la vuelta de vacaciones al profesor.

Recuerda: debes mencionar en todo momento qué leyes físicas empleas y por qué.

Una pregunta muy típica –y que da bastantes problemas– del examen teórico de conducir es la siguiente:

En un tramo de gran pendiente, ¿qué vehículo pasará primero en un estrechamiento en el que no está señalizada la prioridad?

- a. *El vehículo con mayor dificultad de maniobra.*
- b. *El que circula en sentido ascendente*
- c. *El que circula en sentido descendente*

La respuesta a esta pregunta puede argumentarse con ayuda de la Física. Vamos a plantear la siguiente situación:

Tenemos una carretera estrecha donde se cruzan dos vehículos, tal y como se muestra en la figura. En este caso vamos a suponer que los dos coches son iguales y tienen una masa de 1,5t. Cada coche se debe considerar un bloque de dicha masa que se desliza por un plano inclinado que, de acuerdo a la señal, tiene una inclinación del 10%. El coeficiente de rozamiento entre la carretera y las ruedas es de 0,05.

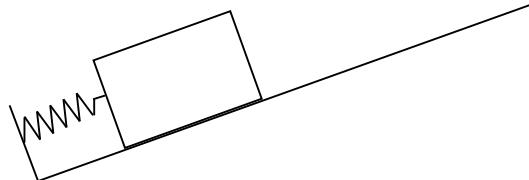


Para responder a la pregunta vamos a razonar a qué coche le es más complicado frenar y volver a la marcha. En cada apartado debes contestar la pregunta para ambos coches, y comentar tanto el papel de la fuerza de rozamiento como el del valor del módulo de la fuerza requerida. En el primer apartado, indica qué sistema de referencia vas a emplear y sé consistente en todo el ejercicio con él.

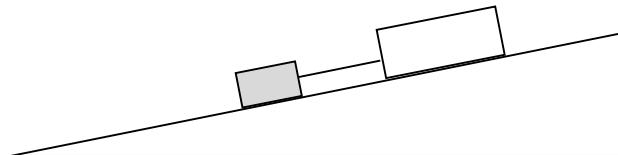
- a) Antes de encontrarse, cada coche circula a 70km/h. Calcula qué fuerza debe realizar el motor para mantener dicha velocidad.
- b) Razona y calcula qué fuerza debe hacer cada coche para mantenerse detenido.
- c) Razona y calcula qué fuerza debe realizar cada coche para recuperar la velocidad anterior en 30 metros.
- d) En total, ¿qué vehículo ha debido realizar más fuerza entre frenar y volver a la marcha? En función de estas conclusiones, razona qué respuesta sería la más eficiente en términos de fuerzas.

Anexo 3: problemas planteados en el examen

P1. Tenemos un plano inclinado con una inclinación de 30° respecto a la horizontal. Al final del mismo hay un muelle sobre el cual descansa un bloque de masa $m = 5 \text{ kg}$. El coeficiente de rozamiento entre el bloque y el muelle es de $0,3$. Si el muelle antes de poner el bloque medía 2 metros más, calcula la fuerza que hace el muelle y constante elástica (2,5p).

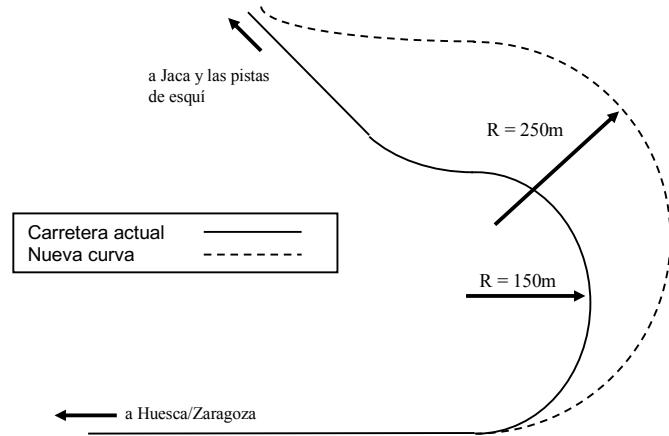


P2. En un plano inclinado con inclinación de 20° respecto a la horizontal descansa un bloque de madera de 3 kg ($\mu=0,2$ con el plano inclinado), del cual cuelga un bloque de acero pulido de 500 g (se considera sin rozamiento con el plano), tal y como se muestra en la figura:



- Razona y representa las fuerzas que actúan y calcula la aceleración del sistema. (2p)
- Calcula la tensión de la cuerda. (0,5p)

P3. Uno de los principales problemas de las carreteras de montaña es la necesidad de adaptar el trazado de las mismas a la forma de los valles. El Ministerio de Fomento está mejorando la carretera al Pirineo en el puerto de Monrepós (Huesca), haciendo una curva de mayor radio para mejorar la seguridad. Cada curva se considera una parte de una circunferencia con el radio indicado en el esquema.



Actualmente, la velocidad máxima en la curva es de 70 km/h. Considerando que la curva no tiene peralte,

- Indica en un diagrama todas las fuerzas presentes sobre un coche que toma la curva y obtén una expresión para la velocidad máxima posible en función del radio y el coeficiente de rozamiento (Recuerda: no sirve escribir la expresión, es necesario razonar todas las fuerzas presentes, aplicar las leyes de Newton, elegir un sistema de referencia...) (1,75p)
- Calcula el coeficiente de rozamiento rueda-asfalto en la curva actual, cuya velocidad máxima permitida es de 70km/h (0,3p)
- Si la nueva curva se construye con el mismo asfalto, y por tanto, el coeficiente de rozamiento se considera el mismo que el del apartado anterior, ¿cómo será la velocidad máxima en la curva nueva, mayor o menor? Calcula ahora la nueva velocidad máxima posible en la curva nueva, expresa el resultado en km/h. (0,3p)
- En el caso de haber nieve en la carretera, ¿qué variable cambia? ¿Cómo afecta esto a la velocidad máxima que se puede tomar? (0,15p)