



Propuesta de un *Breakoutedu* de cinemática para el alumnado de primero de bachillerato

Marina Martínez-Carmona, Francisco Serrano y G. Enrique Ayuso Fernández

Departamento de Didáctica de las Ciencias experimentales. Universidad de Murcia.
Murcia (España)

[Recibido el 13 de mayo de 2021, aceptado el 26 de julio de 2021]

“Tienes 45 min para escapar con vida de esta habitación. Buena suerte”. Hace unos años esta frase le habría puesto los pelos de punta a cualquiera, hoy día es sinónimo de juego y diversión. La sociedad actual ha cambiado y por ello resulta necesario emplear nuevas metodologías que permitan motivar al alumnado al mismo tiempo que adquiere conocimientos y desarrolla competencias. Un *breakoutedu* es un recurso empleado en gamificación, una metodología activa que fomenta el aprendizaje incorporando elementos del juego en el aula. En nuestro trabajo nos proponemos el diseño de un *breakoutedu* para mejorar los aprendizajes de cinemática en 1º de Bachillerato a través del planteamiento de tres retos sucesivos, indicando contenidos y competencias trabajadas y siguiendo una metodología colaborativa. Por otra parte, establecemos una guía para el profesorado de ciencias para el diseño de sus propios *breakoutedu*, con la intencionalidad, a través de estas propuestas, de utilizar la motivación del alumnado para favorecer la adquisición de aprendizajes duraderos.

Palabras clave: propuesta educativa; bachillerato; cinemática; escape room; gamificación.

Proposal for a Breakout EDU in kinematics for high school juniors

‘You have 45 minutes to escape this room alive. Good luck.’ A few years ago, this sentence would have made a person’s hair stand on end. Today it has become synonymous with play and fun, especially among young people. Society has changed, as have students, which is why we need new methodologies to motivate young people while they acquire knowledge and develop skills. A Breakout EDU is a resource used in gamification, an active learning methodology that incorporates elements of play in the classroom. This article proposes a design for a Breakout EDU to improve kinematics learning among high school juniors. The design comprises three challenges and is based on a collaborative methodology with clearly defined contents and skills targets. The article also provides a guide for science teachers to design their own Breakout EDUs, with the intention of harnessing student motivation for the promotion of lasting learning.

Keywords: educational proposal; high school juniors; kinematics; escape room; gamification.

El juego y el estímulo de emociones positivas en la educación

Hace años que se cree que la adquisición por parte del alumnado de los conocimientos y habilidades necesarios para su participación en la sociedad requiere la transición de una enseñanza centrada en el profesorado a otra en la que el estudiante sea eje del proceso educativo (Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), 2011). Dentro de las metodologías alternativas a modelos transmisivos encontramos aquellas que, utilizando la potencialidad de los juegos, pueden resultar motivadoras para los estudiantes, estimulando su participación activa y favoreciendo, si su planteamiento es adecuado, los aprendizajes de los escolares (Cornellà et al., 2020).

Es conocido que tanto el estado emocional (alegría, tristeza, preocupación, etc.) como el corporal (descansado, hambriento, enfermo, etc.) del estudiantado puede afectar a su rendimiento académico (Schmidt, 2017). Además, las investigaciones neurocientíficas sugieren que la relación emociones/cognición es estrecha e interdependiente. Su superposición se conoce como “pensamiento emocional” y abarca procesos de aprendizaje, memoria, toma de decisiones y creatividad. Dicha interconexión es tan profunda que algunos autores afirman que “es literalmente neurobiológicamente imposible construir recuerdos, involucrar pensamientos complejos o tomar decisiones significativas sin emociones” (Immordino-Yang, 2016, p.18).

Por otra parte, el importante papel de las emociones en las actividades cotidianas de los juegos ha motivado la incorporación de elementos de estos en el proceso de enseñanza para favorecer el aprendizaje del alumnado (Marcano, 2006). Así, Howard-Jones et al. (2016) estudiaron los efectos neurológicos de la incorporación del juego al aprendizaje educativo, comparando los resultados de un pretest y un postest mientras registraban la respuesta cerebral de los participantes en tres periodos de aprendizaje diferentes: solo estudio, autoevaluación con respuestas de opción múltiple y un juego con recompensas inciertas y crecientes. Los mejores resultados se obtuvieron en la modalidad basada en juego, coincidiendo con una mayor motivación; y los peores, en la de solo estudio.

Escape room y breakout educativo

El “escape room” es un recurso dentro de la gamificación en el que, a través de juegos físicos ambientados en escenarios ficticios, los participantes trabajan juntos para encontrar objetos, completar tareas y resolver acertijos logrando escapar de la habitación en un tiempo limitado (Monaghan y Nicholson, 2017). Además, dependiendo de la forma en la que se organizan o secuencian los retos, Nicholson (2015) describe diversos modelos de experiencia que se pueden acomodar a la intencionalidad de la actividad (Figura 1).

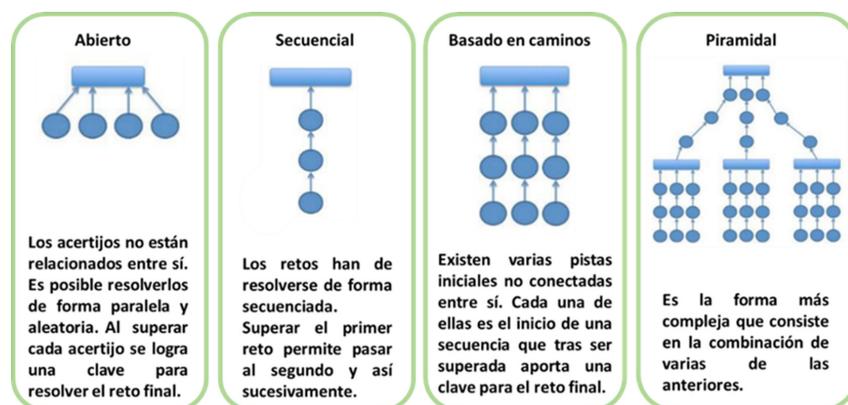


Figura 1. Modelos de secuenciación de retos (Elaboración propia, a partir de Nicholson, 2015).

Independientemente del modelo empleado, al final del *escape room* se mantiene un cierto estado de excitación (“froth” para Nicholson, 2015) en el que los participantes disfrutan recordando los retos superados.

En un *escape room* educativo todas estas propiedades se ponen al servicio del proceso de enseñanza/aprendizaje, sumergiendo al alumnado en una situación imaginaria de encierro de la que se sale trabajando contenidos aplicados a un contexto y favoreciendo el desarrollo de competencias (Falce, 2018). Galanis y Duckworth (2017) destacan 10 motivos por los que resulta adecuado este tipo de recurso con el alumnado (Figura 2).

10 razones para realizar un breakout / escape room educativo



Figura 2. Motivos por los que es útil realizar un *escape room* educativo (Elaboración propia, a partir de Galanis y Duckworth, 2017).

El *breakout* educativo (o *breakoutedu*) es una variación del *escape room* educativo. El reto ahora consiste en abrir una caja cerrada con distintos candados. Aunque ambos recursos favorecen la motivación del alumnado y el aprendizaje en contexto, el *breakoutedu* presenta una serie de ventajas que lo convierten en una opción idónea para el ámbito educativo (Redondo, 2017): no es necesario el encierro ya que el objetivo es abrir una caja, puede transportarse, puede aplicarse a varios grupos a la vez y adaptarse más fácilmente a una sesión de clase y puede ser diseñado para que el alumnado colabore y no compita.

Estos recursos resultan especialmente interesantes en las asignaturas de ciencias, que pueden resultar menos atractivas, sobre todo cuando siguen una metodología tradicional (Méndez-Coca, 2015). Numerosos autores destacan que aumenta la motivación del estudiantado (Tajuelo y Pinto, 2021), incluso en aquellos que solían tener calificaciones bajas, que mejoran sus resultados (István et al., 2017). Tras la implementación de un *escape room* para conmemorar el año Internacional de la Tabla Periódica, Rosales et al. (2019) comprobaron que los participantes adquirirían ciertas competencias básicas de Química y trabajaban otras transversales, como el trabajo en grupo y la creatividad. Como desventaja, Sárközi et al. (2019) citan el gran esfuerzo de preparación y que su puesta en práctica puede ser insuficiente para adquirir ciertos conocimientos.

Para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje algunos autores recomiendan realizar una discusión final para reflexionar y profundizar en la comprensión de los contenidos (István et al., 2019; Sárközi et al., 2019). Relacionado con este aspecto, consideramos de gran importancia incorporar en el diseño del *breakoutedu* la reflexión que hacen de los juegos educativos López y Domenech-Casal (2018), distinguiendo los que “hacen mejor

clase” de los que permiten “hacer mejor ciencia”. Por otra parte, a la hora de diseñar el *breakoutedu* es fundamental tener claro el momento de la secuencia didáctica, ya que el enfoque será distinto si se incluye en una fase de introducción que en otra de aplicación de conocimientos (Sánchez y Plumettaz-Sieber, 2019).

Dificultades de aprendizaje en cinemática

A la hora de elaborar una propuesta educativa es importante reconocer las dificultades del alumnado para poder diseñar estrategias de enseñanza acordes con los objetivos de aprendizaje (Bayram-Jacobs et al., 2019). De este modo, en la enseñanza de los ámbitos de la cinemática, varios autores describen que algunas concepciones inadecuadas permanecen inalteradas por la enseñanza formal (Sebastià, 1988). Incluso estudiantes que inician estudios de ingeniería mantienen errores en lo relativo a las magnitudes de posición, velocidad y aceleración (Fuentes, 2016). Además, diversas investigaciones indican que el alumnado tiene dificultades a la hora de realizar e interpretar gráficas, diferenciar los conceptos de velocidad y aceleración, trabajar el carácter vectorial de las variables físicas de posición, aceleración y velocidad o relacionar la primera y segunda derivada de la posición con velocidad y aceleración (Dolores et al., 2002; Jiménez-García et al., 2015).

Algunos autores atribuyen el desarrollo de concepciones erróneas sobre física, y particularmente relativas a la cinemática, al excesivo peso del trabajo de cálculo y estrategias estándar de resolución de problemas académicos que favorecen el aprendizaje memorístico. Por ello proponen que se incida en aspectos como el papel del contexto vinculado a la esquematización gráfica, las propuestas investigativas y la comprensión cualitativa de los fenómenos (Alzugaray et al., 2014; Pérez-Bueno et al., 2020). En este sentido, el presente trabajo pretende incorporar estos últimos aspectos de una forma lúdica, de manera que la motivación del alumnado pueda favorecer el aprendizaje duradero de los contenidos de cinemática.

Objetivos

1. Diseñar una propuesta de *breakoutedu* que aproveche la motivación que despierta en el alumnado, para favorecer la adquisición de aprendizajes significativos de cinemática en 1º de Bachillerato.
2. Elaborar una guía de consideraciones a tener en cuenta para diseñar un *breakoutedu* que favorezca la motivación y el aprendizaje de las ciencias.

Una propuesta de *breakoutedu* para la enseñanza de la cinemática

De acuerdo con el objetivo 1 y con la idea de diseñar un *breakoutedu* que permita hacer mejor ciencia y facilitar la comprensión y aplicación de aspectos centrales de la cinemática, se diseñó una secuencia lineal de tres retos que el alumnado debe resolver en pequeños grupos.

En la Tabla 1 se recogen los objetivos que debe alcanzar el alumnado para superar cada uno de los retos y que corresponden a los estándares de aprendizaje del contenido “Composición de los movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado” del bloque 6 de cinemática del currículo de Física y Química de 1º de Bachillerato (Real Decreto 1105/2014). En el Anexo 1 se describen detalladamente las consideraciones necesarias para implementar la actividad del *breakoutedu* en el aula, un esquema general de la secuenciación de los retos y los pasos a seguir para resolver satisfactoriamente cada uno de los mismos.

Tabla 1. Conocimientos de cinemática que se pretenden adquirir en cada reto del *breakoutedu*

Reto	Conocimientos que se pretenden adquirir
1	<p>Resolver ejercicios prácticos de cinemática aplicando las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A)</p> <p>Identificar las componentes intrínsecas de la aceleración en distintos casos prácticos y aplicar las ecuaciones que permiten determinar su valor.</p> <p>Poner en práctica habilidades necesarias para la investigación científica: identificar problemas, recoger datos y diseñar estrategias de resolución de problemas.</p> <p>Resolver ejercicios numéricos expresando el valor de las magnitudes con notación científica, estimar los errores asociados y contextualizar los resultados.</p>
2	<p>Resolver ejercicios prácticos de cinemática aplicando las ecuaciones del movimiento parabólico.</p> <p>Plantear un problema, identificar el tipo/tipos de movimientos implicados y aplicar las ecuaciones de cinemática para realizar predicciones sobre posición y velocidad del móvil.</p> <p>Aplicar habilidades necesarias para la investigación científica. Identificar problemas, recoger datos, diseñar estrategias de resolución utilizando modelos y leyes.</p> <p>Resolver ejercicios numéricos expresando el valor de las magnitudes con notación científica, estimar los errores asociados y contextualizar los resultados.</p>
3	<p>Interpretar las gráficas que relacionan las variables implicadas en los movimientos M.R.U. y M.R.U.A.</p> <p>Elaborar e interpretar representaciones gráficas de diferentes procesos físicos y relacionarlos con las ecuaciones que representan las leyes y principios subyacentes.</p>

Durante el desarrollo del *breakoutedu* se trabajan las competencias que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Competencias trabajadas en el *breakoutedu*

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	El alumnado la desarrolla mediante realización de medidas, toma de datos, aplicación de fórmulas, obtención de conclusiones (retos 1 y 2) y representación gráfica (reto 3).
Aprender a aprender	A lo largo de los 3 retos el alumnado desempeña un aprendizaje en contexto y autónomo sin ayuda del docente. Además, el cuestionario posterior busca que el alumnado reflexione sobre lo que sabe y desconoce, autorregulando su propio aprendizaje.
Competencias sociales y cívicas	Los retos 1 y 2 requieren necesariamente que el alumnado trabaje de forma colaborativa, lo que fomenta la participación de manera constructiva en grupo y la toma de decisiones democráticas.
Comunicación lingüística	Los retos se realizan en grupo por lo que el alumnado desarrolla la expresión oral. Debe escuchar con atención e interés, así como estar dispuesto al diálogo crítico y constructivo. Además, en el cuestionario final debe desarrollar la comunicación escrita.

El *breakoutedu* se propone como actividad final para una unidad didáctica de cinemática y la evaluación de los aprendizajes adquiridos se realiza con ayuda de dos instrumentos. Por una parte, una evaluación grupal basada en la observación durante el desarrollo del *breakoutedu* (rúbrica de contenidos y competencias a adquirir adjuntada en el Anexo 2) que supone el 40 % de la nota de la actividad; y por otra, un cuestionario (Anexo 3), posterior al *breakoutedu*, para que el alumnado reflexione sobre la relación entre las pruebas realizadas y los contenidos del currículo trabajados. Este cuestionario, que supone el 60% de la nota, se realiza primero de forma individual y posteriormente se debate en el gran grupo de clase.

Propuesta de guía para elaborar un *breakoutedu* en ciencias

La aplicación del *breakoutedu* es un recurso reciente por lo que actualmente existe poca información disponible y es algo dispersa. Por ello, coincidiendo con nuestro objetivo 2, consideramos de utilidad proponer una guía sencilla basada en la propia experiencia, en la adaptación al ámbito educativo de ciertas pautas establecidas por Nicholson (2015) para el *escape room* tradicional y algunas sugerencias aportadas por otros autores para el *escape room* educativo (como István et al., 2019, y Sánchez y Plumettaz-Sieber, 2019). La intencionalidad de esta guía (Tabla 3) es facilitar la labor de docentes que quieran iniciarse en esta modalidad de enseñanza.

Tabla 3. Guía para la elaboración de un *breakoutedu* (fuente: Elaboración propia)

Narrativa	Una historia que da sentido a la experiencia y relaciona los retos entre sí. Al mismo tiempo, personalizada en el alumnado y con una ambientación adecuada (música, iluminación, etc.) favorece la inmersión del estudiante en la historia.
Retos adaptados al uso educativo: contenidos, objetivos didácticos y competencias	En un currículo basado en competencias es necesario diseñar un <i>breakoutedu</i> que permita al alumnado aplicar los contenidos teóricos en situaciones contextualizadas. Es importante delimitar los objetivos, contenidos y competencias a desarrollar durante la puesta en práctica e incorporarlos a la actividad. Por otra parte, la forma en la que se organizan o secuencian los retos (Figura 1) afecta de modo importante al tipo de experiencia diseñada, favoreciendo según se quiera, la competitividad, el trabajo colaborativo, la iniciativa, etc.
Pistas	Los retos deben ser ajustados a los conocimientos del alumnado para evitar que dejen de ser estimulantes y produzcan frustración. Para ello, se deben prever las situaciones de mayor dificultad y elaborar pistas o ayudas que faciliten la resolución sin aportar la respuesta.
Costes y disponibilidad de los materiales	Los recursos educativos son limitados, por ello es necesario emplear materiales económicos y fáciles de encontrar, así como potenciar el reciclaje de materiales empleados. Además, resulta deseable que el <i>breakoutedu</i> sea duradero para poder reutilizarlo en otros cursos.
Ensayo inicial	Un ensayo previo permite comprobar el buen funcionamiento de los retos, la fluidez entre los mismos y el tiempo empleado para realizarlos, pudiendo así realizar los ajustes necesarios antes de implantarlo con nuestro alumnado.
Reflexión posterior	Terminado el <i>breakoutedu</i> llega el momento de comentar la experiencia con el resto de la clase, recordar los acertijos más divertidos o aquellos que supusieron un mayor desafío para, finalmente, reflexionar sobre los contenidos trabajados.

Limitaciones de la propuesta

La situación actual de pandemia ha impedido que la propuesta presentada de *breakoutedu*, y probada con un reducido grupo de participantes, sea puesta en práctica y evaluada con un grupo completo de 1º de Bachillerato. No obstante, los ensayos previos han mostrado que genera una actitud positiva hacia su resolución, lo que podría facilitar la consecución de los objetivos. Aunque es cierto que en grupos no acostumbrados a esta metodología es posible que algún estudiante, sobre todo en Bachillerato, sea reacio a participar al principio por considerar una pérdida de tiempo todo aquello que no sea estudiar de forma tradicional. Por supuesto, somos conscientes de que la utilización de esta metodología debe ser un nuevo recurso a disposición del profesorado complementario a otros, también centrados en la participación activa del alumnado.

Por otra parte, consideramos que, aunque en una primera etapa puede resultar conveniente que los estudiantes participen en un *breakoutedu* elaborado por el profesorado y reflexionen sobre su utilidad para favorecer el aprendizaje de la cinemática, es conveniente (de acuerdo con Nicholson, 2018) que, posteriormente, sean los propios estudiantes los que actúen como diseñadores de actividades similares y, de este modo, trabajando en equipos, creen su propio reto o acertijo; ya que el hecho de crear su propio reto puede ser incluso más atractivo que resolverlo.

Conclusiones

El *breakoutedu* puede generar una gran motivación que incentiva el interés del alumnado por aprender (Tajuelo y Pinto, 2021; Rosales et al., 2019; Galanis y Duckorth, 2017). Sin embargo, si la motivación no va acompañada de actividades diseñadas para lograr un aprendizaje significativo su utilidad se limita a “memorizar de forma divertida”.

Teniendo estos aspectos en cuenta, consideramos que el *breakoutedu* propuesto, respondiendo a nuestro objetivo 1, puede facilitar el trabajo de numerosos contenidos de cinemática de una forma motivadora para el alumnado, incluyendo actividades experimentales enfocadas a desarrollar la competencia científica. Los retos incluidos requieren primero de una comprensión cualitativa del movimiento y posteriormente de una fase experimental que conlleva la toma de datos, la interpretación de los resultados y la representación gráfica. Además, se hace uso del “frot” posterior a la puesta en práctica (Nicholson, 2015) para que el alumnado reflexione sobre la relación entre las pruebas realizadas y los contenidos del currículo trabajados para mejorar el aprendizaje de la experiencia (István et al., 2019; Sárközi et al., 2019; Sánchez y Plumettaz-Sieber, 2019). Finalmente, consideramos que los retos propuestos siguen una secuencia lineal y están diseñados para que el alumnado trabaje en grupos, favoreciendo la comunicación y el aprendizaje colaborativo y activo.

Por otra parte, la elaboración de un *breakoutedu* requiere un gran esfuerzo inicial por parte del profesorado. Por ello, disponer de unas pautas iniciales puede resultar de gran ayuda, como hemos pretendido en nuestro objetivo 2. En este sentido, las pautas propuestas a la hora de proponer una narrativa relacionada con el alumnado que favorezca su inmersión en la actividad, delimitar con claridad los retos adaptados a su uso educativo y disponer de pistas que favorezcan que todo el alumnado pueda acometer las tareas, son elementos fundamentales que forman parte de la guía propuesta para un *breakoutedu* y que pueden resultar de gran utilidad a la hora de enfrentarse a su diseño y posterior utilización en las aulas.

Referencias bibliográficas

- Alzugaray, G. E., Enrique, C. M. y Esterkin C. R. (2014). Conceptos y preconceptos de cinemática y dinámica en ingresantes a carreras de ingeniería. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(1), 31-37. DOI: <https://doi.org/10.31527/analesafa.2013.24.1.13>
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M. y Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-27. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21550>
- Confederación de Sociedades Científicas de España, COSCE (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Recuperado de: http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Dolores, C., Alarcón, G. y Albarrán, D. (2002). Concepciones alternativas sobre las gráficas cartesianas del movimiento: el caso de la velocidad y la trayectoria. *Relime*, 5(3), 225-250.
- Cornellà, P., Estebanell, M. y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 5-19. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/372920>
- Falce, M., J. (2018, 11 de octubre). *Escape room educativa: la técnica de gamificación de moda*. Recuperado de: <https://significativa.org/escape-Room-educativa/>
- Fuentes Vargas, C. (2016). Preconceptos de cinemática y fuerza en estudiantes que inician sus estudios de ingeniería. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 43-52.
- Galanis, M. y Duckworth, S. (2017). *10 reasons to play breakoutedu*. Sketchnotes for Educators. <https://sites.google.com/view/sketchnotesforeducators/home>
- Howard-Jones, P. A., Jay, T., Mason, A. y Jones, H. (2016). Gamification of learning deactivates the default mode network. *Frontiers in Psychology*, 6(JAN), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01891>
- Immordino-Yang M. H. (2016). *Emotions, Learning, and the Brain: Exploring the Educational Implications of Affective Neuroscience*. WW Norton & Company.
- István, A., Vörös, V. y Sárközi, Z. (2017). Physics escape room as an educational tool. En AIP Conference Proceedings 1916, 050002. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5017455>
- Jiménez-García, F. N., Agudelo, J. de J. y Vargas, J. J. (2015). Incidencia de la intervención didáctica en el aprendizaje de conceptos cinemáticos en estudiantes de ingeniería de la UAM analizada desde sus ideas previas. *Revista Educación en Ingeniería*, 10(19), 26-38.
- López, V. y Domenech-Casal, J. (2018). Juegos y gamificación en las clases de ciencia: ¿una oportunidad para hacer mejor clase o para hacer mejor ciencia? *Ludus Scientiae*, 2(1). DOI: <https://doi.org/10.30691/relus.v2i1.1059>
- Marcano Lárez, B. E. (2006). Estimulación emocional de los videojuegos: efectos en el aprendizaje. Teoría de la Educación. *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 7(2), 128-140. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201017296008>

- Méndez-Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235. DOI: <https://doi.org/10.5944/educxx1.14602>
- Monaghan, S. R. y Nicholson, S. (2017). Bringing escape room Concepts to Pathophysiology Case Studies. *HAPS Educator*, 21(2), 49-65. DOI: <https://doi.org/10.21692/haps.2017.015>
- Nicholson, S. (2015). Peeking Behind the Locked Door: A Survey of escape room Facilities. *White Paper*, 3-29. Recuperado de: <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging escape rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44-49. DOI: <https://doi.org/10.1080/00094056.2018.1420363>
- Pérez-Bueno, B., De las Heras, M.A. y Jiménez-Pérez, R. (2020). La construcción de conceptos en Cinemática a través de la argumentación y la activación de actitudes en formación inicial de maestros. *Ápice. Revista De Educación Científica*, 4(1), 35-62. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.4584>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 201, pp. 169-546. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>
- Redondo, J. L. (2017, 17 de diciembre). ¿Breakoutedu o escape room? Gamificación analógica y educativa. Recuperado de: <https://annafores.wordpress.com/2017/12/17/breakoutedu-o-escape-room-gamificacion-analogica-y-educativa/>
- Rosales-Peláez, P., Beltrán, F. R., Ruiz-Santaquiteria, M., Díaz-Lorente, V. M., Conde, M. M. y Ramírez, J. (2019). Desarrollo y aplicación de un escape room sobre la tabla periódica. En *V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*, 510-515. DOI: <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2019.0103>
- Sánchez, E. y Plumettaz-Sieber, M. (2019). Teaching and Learning with escape Games from Debriefing to Institutionalization of Knowledge en Manuel Gentile, M. Allegra, y H. Söbke (Eds.), *Games and Learning Alliance*, (242-256). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_23
- Sárközi, Z., Borbély, S. y Járαι-szabó, F. (2019). Deepening secondary students understanding of physics through escape games. En *AIP Conference Proceedings* 2071, 050001. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5090085>
- Schmidt, S. J. (2017). What Does Emotion Have to Do with Learning? Everything! *Journal of Food Science Education*, 16, 64-66. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12116>
- Sebastià, J. M. (1988). Algunos patrones de interpretación espontánea frente a situaciones de dinámica clásica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2(2), 80-88. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/16035>
- Tajuelo, L. y Pinto G. (2021). Un ejemplo de actividad de escape room sobre física y química en educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2205. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2205

ANEXO 1

Ambientación

Antes de entrar a clase se explica al alumnado en qué consiste la actividad. Deben lograr acceder al contenido encerrado en la caja, y para ello deben resolver una serie de retos relacionados con los contenidos de cinemática. Encontrarán varios elementos, que a excepción del metro y de la calculadora, tendrán un único uso, aunque es posible que no los encuentren todos en orden. Dicho esto, accederán a la clase; la luz tenue, una serie de objetos sobre una mesa colocada en el centro y un video introductorio que se reproduce en la pantalla (figura A1), sumergirán al alumnado en el ambiente buscado. Una vez que comienza el video (<https://youtu.be/kehL7aLXEOs>), el papel del profesorado pasa a ser pasivo y no participa en la actividad a menos que el estudiantado afronte grandes dificultades y solicite una pista.



Figura A1. Imagen del vídeo introductorio visionado por el alumnado (adaptado del vídeo <https://www.agorabierta.com/2018/11/escape-Room-en-digital/>) y de la cuenta atrás que indica el inicio de la actividad y marca el paso del tiempo (accesible en <https://learninglegendario.com/contador-online-escape-Room-educativa/>).

Narrativa

Un antiguo alumno del centro era un enamorado del espacio y quería hacerse astronauta, sin embargo, nunca pudo porque no aprobó las pruebas de acceso relacionadas con el tema de cinemática. Finalmente estudió informática y comenzó a trabajar en una empresa, pero siempre culpó de su fracaso a la profesora de Física y Química de Primero de Bachillerato que, según él, no supo explicarle la cinemática de forma adecuada. Sus compañeros no estaban de acuerdo y cada vez que se reunían le decían que estaba loco. Cansado de escuchar lo mismo, este antiguo alumno decidió probar su teoría. Aprovechando sus conocimientos de informática lanzó un virus para robar todos los datos personales (fotos, emails, dirección, números de teléfono, notas, etc.) de los alumnos de Primero de Bachillerato y lanzarlos a la red a menos que, en un tiempo inferior a 45 minutos, los alumnos fuesen capaces de introducir el código que aborta el proceso y que está guardado en el interior de un maletín cerrado con candados. Para acceder al código deben resolver 3 retos relacionados con cinemática.

Finalizado el video, una cuenta atrás aparece en la pantalla, 45:00, 44:59, 44:58... las caras de sorpresa, la tensión que envuelve el ambiente, la ilusión..., los alumnos y alumnas deben organizarse e identificar los elementos del primer reto. 25:36, 25:35, 25:34..., el tiempo vuela y es necesario que se apresuren y colaboren si quieren resolver los retos y mantener sus datos en el anonimato.

Esquema general de la secuenciación de los retos

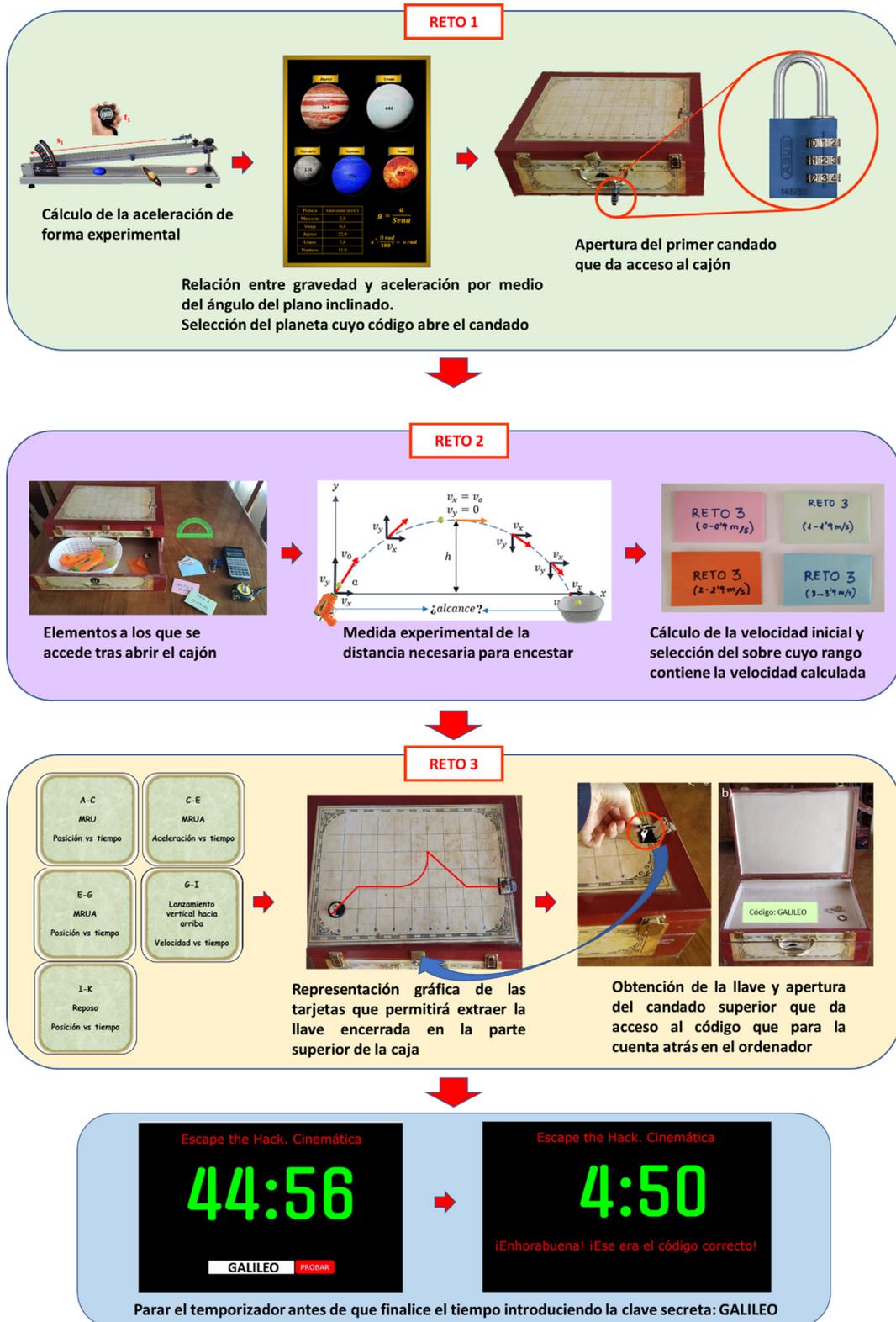


Figura A2. Secuencia lineal de resolución de los retos. Elaboración propia.

Reto 1: Calcular experimentalmente la aceleración de un MRUA

Comienza el reto y sobre la mesa el alumnado encuentra: una rampa que lleva un transportador de ángulos incorporado y que tiene astros dibujados, un cronómetro, una regla, una nave espacial, una hoja con los valores de la gravedad de varios astros y una fórmula que relaciona la aceleración con la gravedad conociendo el valor de un ángulo (figura A3).

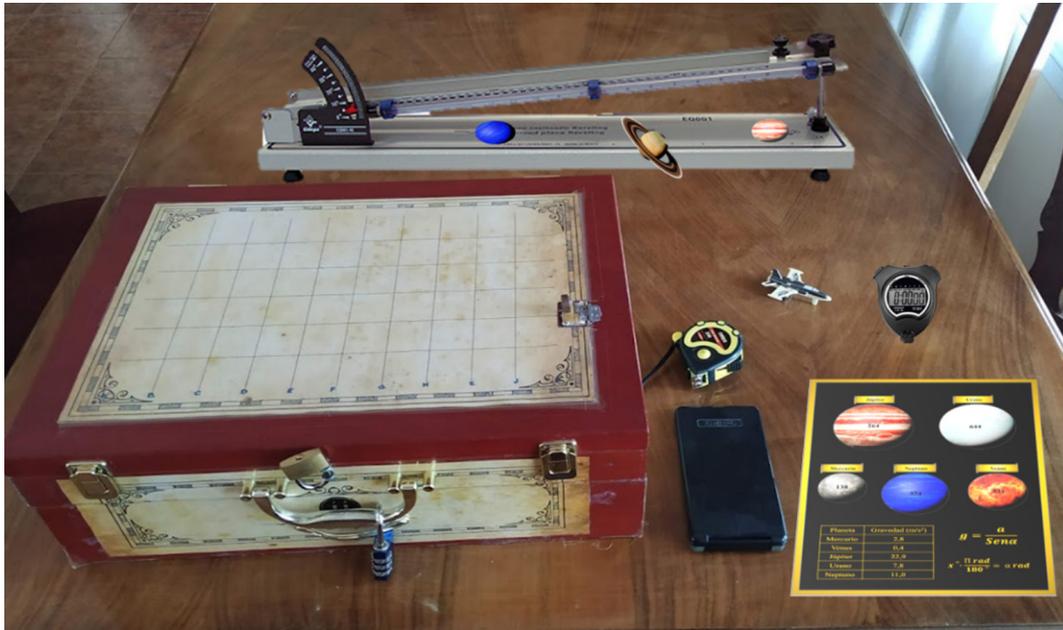


Figura A3. Elementos que encuentra el alumnado al empezar el breakoutedu.

Con todos estos elementos, los alumnos y alumnas deben deducir que necesitan calcular la aceleración que experimenta la nave al dejarla caer por la rampa, para, posteriormente, relacionarla con la gravedad de uno de los astros incluidos en la hoja. Con ayuda de la regla pueden medir la longitud de la rampa y, con el cronómetro, el tiempo que tarda la nave en descender. Finalmente, y tras realizar una división para calcular la aceleración y una sustitución en la ecuación que aparece en la hoja de los astros, podrán calcular la gravedad del astro correspondiente.

Cada astro representado en la hoja lleva un código de tres dígitos asociado, el alumnado debe usar dicho código para abrir el candado que cierra el compartimento inferior del maletín, donde encontrarán los elementos necesarios para resolver el reto 2. Puesto que el alumnado dispone de todos los códigos desde el inicio podría verse tentado a introducirlos de uno en uno hasta dar con el correcto. El profesor/a que supervisa la actividad debe encargarse de que esto no ocurra.

Resolución y elementos del Reto 1

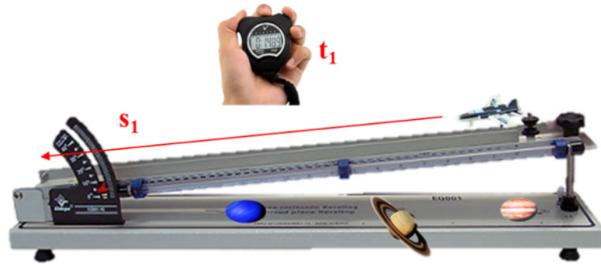
Durante la unidad didáctica el alumnado trabaja que un cuerpo que cae por un plano inclinado experimenta un MRUA. Lo esperado, por tanto, es que los y las estudiantes identifiquen el movimiento directamente y sepan calcular la aceleración experimentalmente en base a las ecuaciones del mismo.

Posición: $s = s_0 + v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ Velocidad: $v_f = v_0 \pm a \cdot t$ Aceleración: $a = \text{cte}$

Concretamente a partir de la ecuación de la posición y teniendo en cuenta que tanto la posición inicial como la velocidad inicial tienen un valor nulo.

$$s = s_0 + v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot at^2$$

$$\left. \begin{matrix} s_0 = 0 \\ v_0 = 0 \end{matrix} \right\} s = \frac{1}{2} \cdot at^2 \longrightarrow a = \frac{2s}{t^2}$$



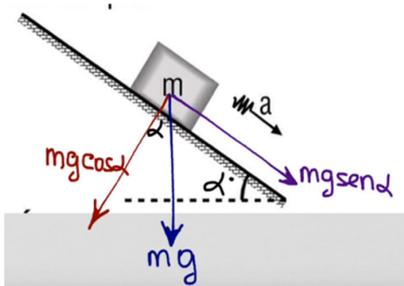
La forma idónea de comprobar que efectivamente se trata de un MRUA y de obtener un resultado más fiable es dejar caer la nave desde distintas alturas y medir el tiempo que tarda en cada caso.

Para facilitar la tarea al alumnado, fijaremos previamente el ángulo de inclinación de la rampa en 2 grados, asegurándonos así que la inclinación es lo suficientemente pequeña como para que puedan tomar las medidas de tiempo con cierta precisión y reproducibilidad.

El profesorado deberá realizar previamente estos cálculos para estimar los valores obtenidos. A modo de ejemplo se muestran los recogidos con nuestros materiales.

Distancia (m)	Tiempo (s)			Media (s)	Desviación (s)	Aceleración (m/s ²)	Gravedad (m/s ²)
	1	2	3				
0.7	2.61	2.58	2.56	2.58	0.03	0.21	7.0
0.6	2.38	2.25	2.29	2.31	0.07	0.23	7.5
0.5	2.15	2.17	2.2	2.17	0.03	0.21	7.1
0.4	1.74	1.89	1.7	1.78	0.10	0.25	8.4

Una vez calculada la aceleración (para distintas alturas) el alumnado podrá obtener el valor de la gravedad con la fórmula que encuentran en la hoja de los astros y que se obtiene en base al siguiente desarrollo matemático:

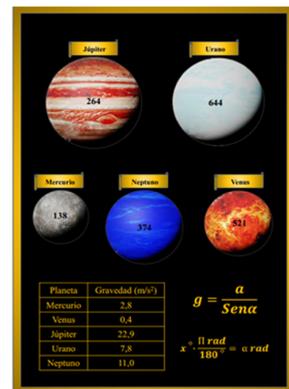


$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a$$

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \text{sen} \alpha$$

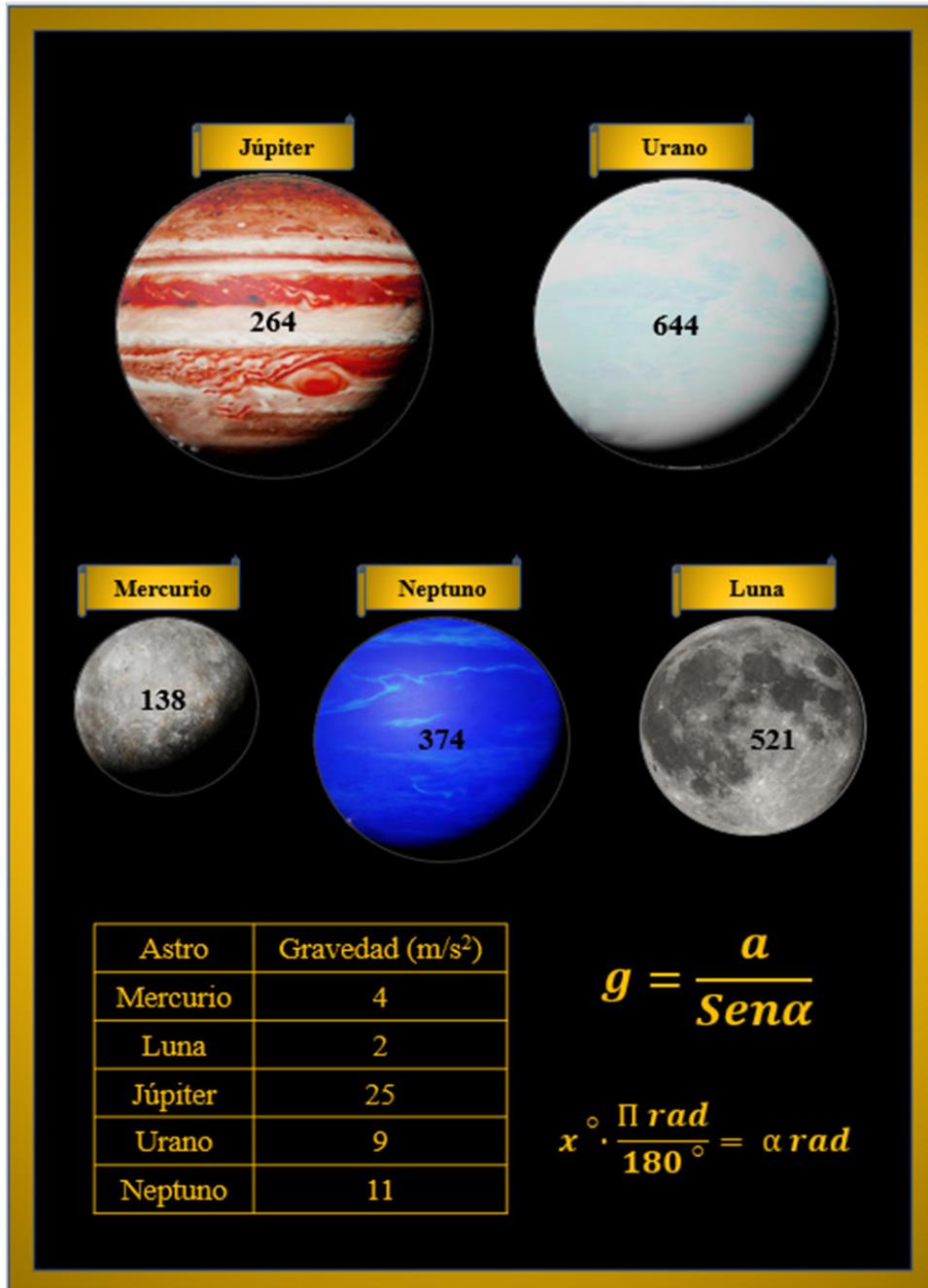
$$a = g \cdot \text{sen} \alpha$$

$$g = \frac{a}{\text{sen} \alpha}$$



Destacamos que idealmente, el valor de la gravedad debería corresponder con el del planeta Tierra (9.8 m/s²). Esa diferencia se asocia a imprecisiones experimentales y al efecto del rozamiento, hechos que posteriormente se comentarán con el alumnado en las preguntas 4 y 5 de la reflexión final. Es muy importante recalcar esta distinción para evitar posibles confusiones en el alumnado.

En nuestro caso se obtuvo un valor aproximado de 7,8 m/s² que se aproxima en mayor medida a la gravedad de Urano, planeta que lleva asociado el código 644 que permitirá abrir el candado.



Reto 2: Calcular experimentalmente la velocidad inicial de una bola que describe un movimiento parabólico.

En el interior del cajón encuentran: una canasta, una pistola lanza bolas, una bola de plástico, un metro para medir la distancia, un transportador de ángulos con una señal en el ángulo de interés para inclinar la pistola y una serie de sobres, cada uno de los cuales lleva escrito un rango de velocidades en su parte exterior.

La pistola de plástico, la canasta y la pista de las velocidades escritas en los sobres deben guiarles a la hora de deducir que es necesario calcular la velocidad inicial con la que la pelota sale disparada. Para ello deberán comprobar de forma experimental la distancia a la que han de situar la canasta para que entre la pelota, así como el tiempo que tarda en hacerlo. Una vez que tengan la distancia

y el tiempo, pueden emplear la expresión “espacio recorrido en el eje x” de un movimiento parabólico para calcular la velocidad inicial que lleva la bola. El valor obtenido les permitirá elegir el sobre correcto, es decir, aquel en cuyo rango se incluye la velocidad calculada. En el interior de cada sobre encuentran una serie de tarjetas que necesitarán ordenar para resolver el tercer reto.

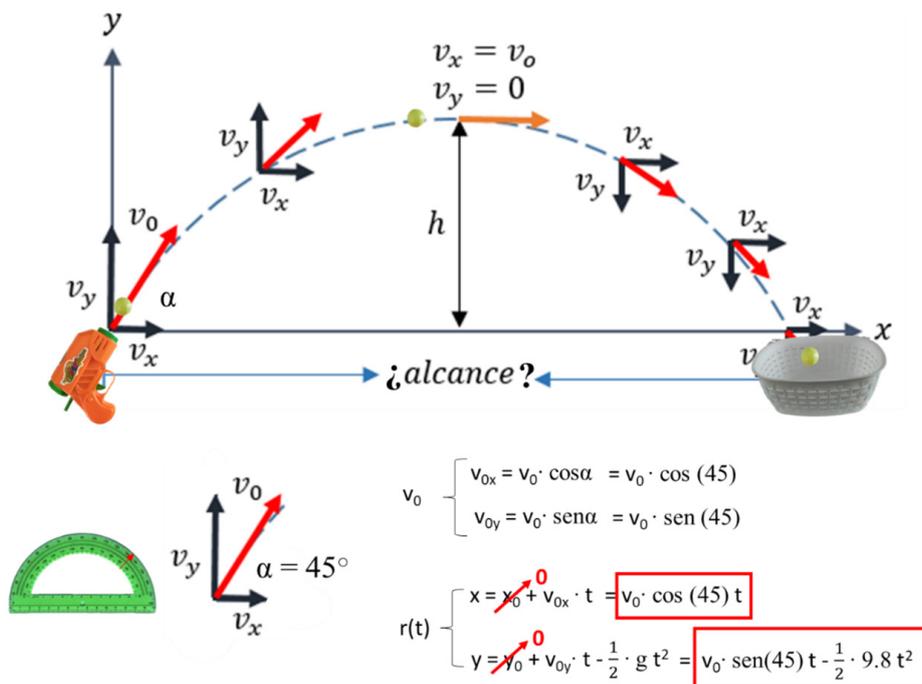


Figura A4. Elementos a los que se accede tras superar el primer reto.

Resolución y elementos del Reto 2

Para este reto necesitan conocer 2 datos, el valor del ángulo (que viene indicado en un transportador de ángulos) y el espacio recorrido por la bola, que deben medir de forma experimental modificando la distancia entre la pistola y la cesta.

Una vez más el profesorado debe realizar la práctica previamente, ya que el ángulo y la distancia recorrida de penderán de los materiales empleados.



Con nuestros materiales, el ángulo indicado es de 45° y la distancia recorrida por la bola es aproximadamente de 1.5 metros. Resolviendo las ecuaciones anteriores con estos datos tenemos:

$$x = v_0 \cdot \cos(45) t$$

$$y = v_0 \cdot \sin(45) t - \frac{1}{2} \cdot 9.8 t^2$$

$x = 1.5 \text{ m}$
 $y = 0 \text{ m}$

$$1.5 = v_0 \cdot \cos(45) t \longrightarrow 1.5 = v_0 \cdot 0.71 t$$

$$0 = v_0 \cdot \sin(45) t - 4,905 t^2$$

$$v_0 = \frac{2.11}{t}$$

$$0 = \frac{2.11}{t} \cdot 0.71 t - 4,905 t^2 \longrightarrow 0 = 1.5 - 4,905 t^2 \longrightarrow t = 0.54 \text{ s}$$

X (m)	V ₀ (m/s)
1	1.1
1.5	1.4
2	1.6

$$v_0 = \frac{0.75}{t} = \mathbf{1.4 \text{ m/s}}$$

La velocidad inicial calculada de esta forma tiene un valor de 1,4 m/s. Sin embargo, y al igual que ocurría en el reto anterior, el valor de la distancia se calcula de forma experimental y no es muy preciso, por eso se tiene en cuenta un rango que varía entre 1 y 2 metros. Teniendo en cuenta ese rango la velocidad calculada podría oscilar entre (1,1 – 1,6 m/s). Para evitar errores, se fijan los valores de los sobres que dan paso al tercer reto con suficiente diferencia.

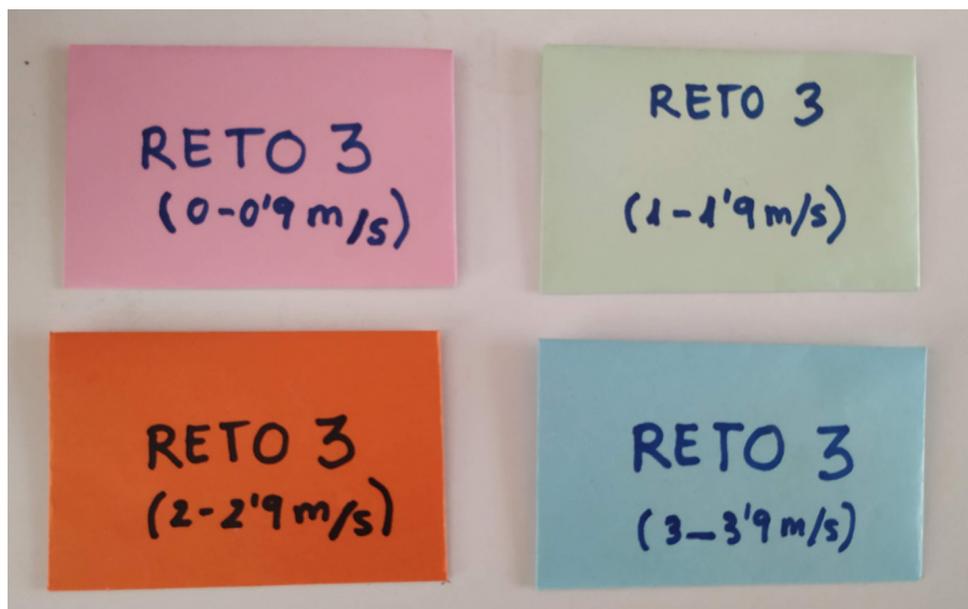


Figura A5. Sobres que dan paso al tercer reto. El sobre de color verde, que engloba la velocidad adecuada, es el que contiene las tarjetas correctas.

Reto 3: Relacionar las gráficas espacio/velocidad/aceleración vs tiempo con el movimiento al que corresponden

El tercer reto consiste en abrir el candado que cierra el compartimento superior del maletín. Para poder lograrlo deben extraer la llave (oculta en la tapa al final de un laberinto) con ayuda de un imán (figura A6). Los materiales necesarios para diseñar el maletín fueron adaptados de la propuesta de J. D. Sobrado que está disponible en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=ZOK1iNlj10I>.

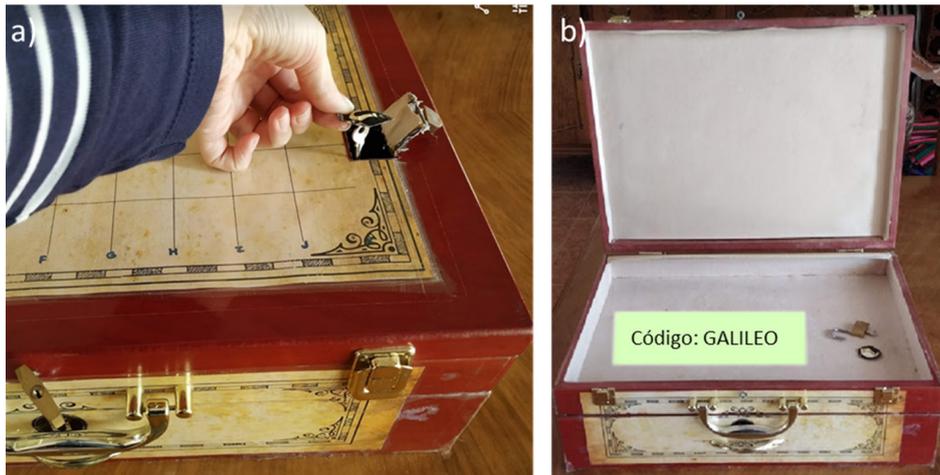


Figura A6. a) Extracción de la llave al final del laberinto, b) apertura del maletín para obtener el código que les permite parar la cuenta atrás de la expansión del virus.

La única forma de sacar la llave es seguir el patrón marcado por las tarjetas del sobre verde (seleccionado al final del reto anterior), cuya suma de movimientos coincide con el patrón del laberinto.

Cada uno de los sobres anteriores contiene una serie de 5 tarjetas con indicaciones del tipo: Aceleración MRU (A-C), Velocidad caída libre (C-E), Espacio MRU (E-G), etc., pero solo el sobre adecuado contiene la secuencia de tarjetas correcta. Para poder descifrar el patrón del laberinto deben dibujar con el rotulador sobre la cuadrícula que hay en la tapa del maletín, la forma cualitativa de las gráficas que se corresponden con los movimientos de cada tarjeta. Finalmente deben realizar dicho recorrido con el imán, lo que les permite sacar la llave y abrir el compartimento final donde se encuentra el código “GALILEO” (en honor al padre de la relatividad del movimiento) con el que pueden parar la cuenta atrás del reloj y evitar que toda su información privada sea liberada a la red.

Resolución y elementos del reto 3

Una vez seleccionado el sobre adecuado, el reto consiste en representar gráficamente los perfiles cualitativos de posición/velocidad/aceleración vs tiempo que indica cada una de las tarjetas. Para la realización del ejercicio supondremos que la caja se coloca como aparece en la fotografía y tomaremos como valores positivos de la posición/velocidad/tiempo los que van en sentido ascendente y los valores positivos del tiempo los que van hacia la derecha. La sucesión de cada uno de los movimientos marca el recorrido que hay que seguir para poder extraer la llave del laberinto.

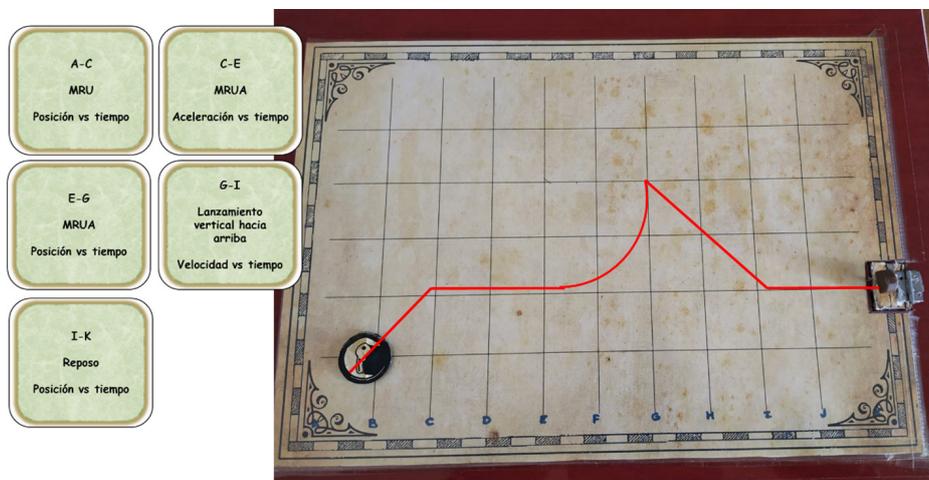
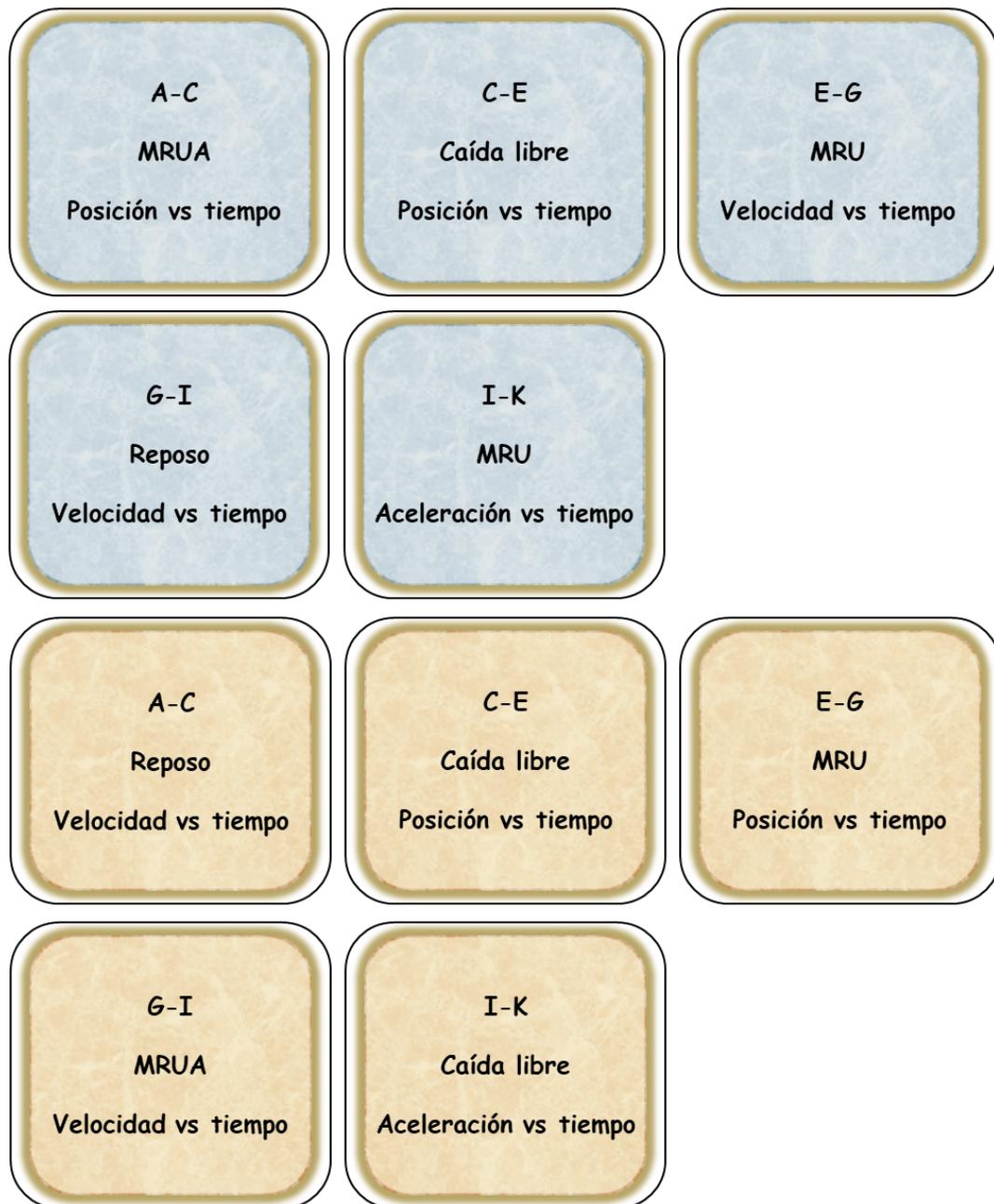
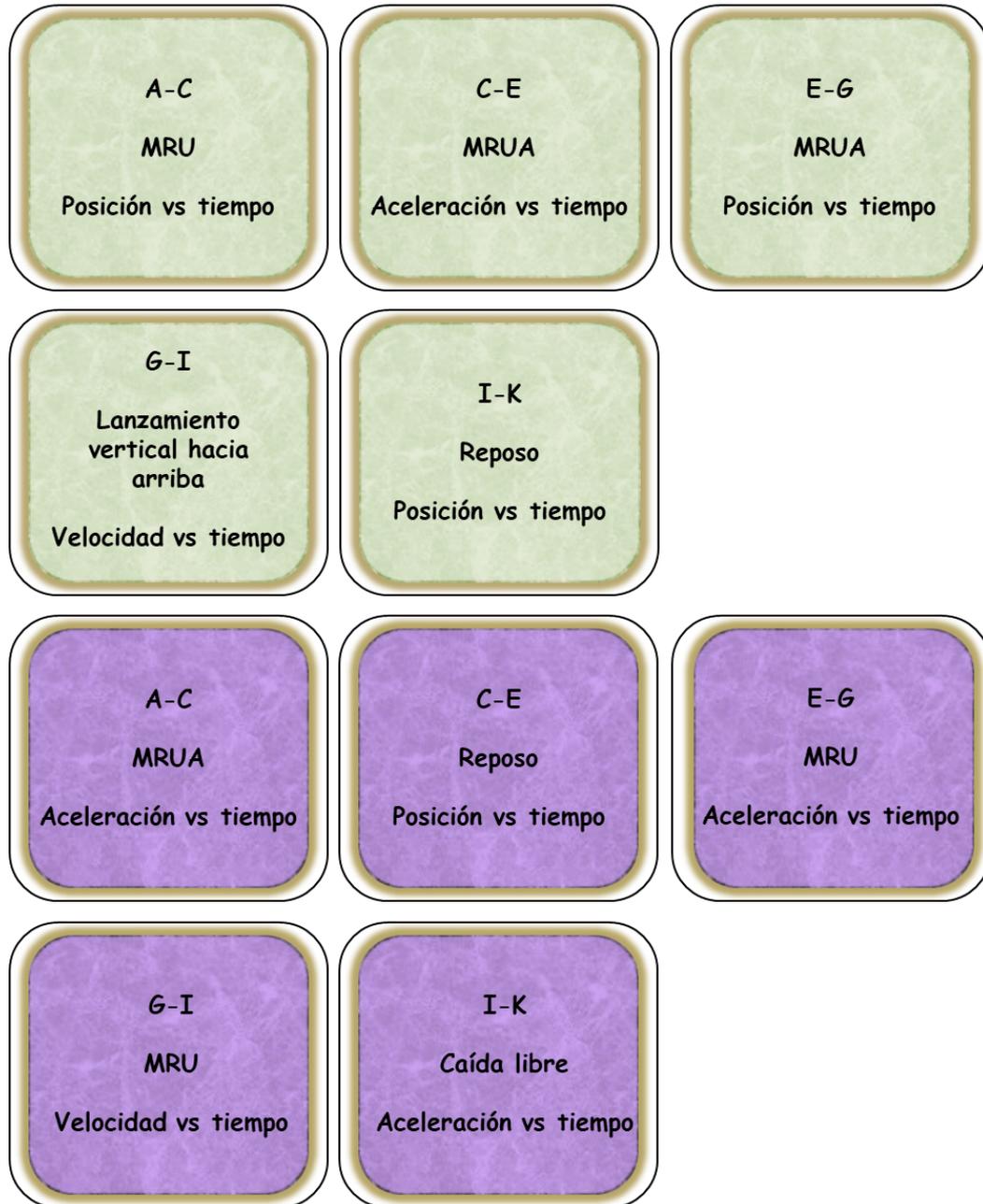


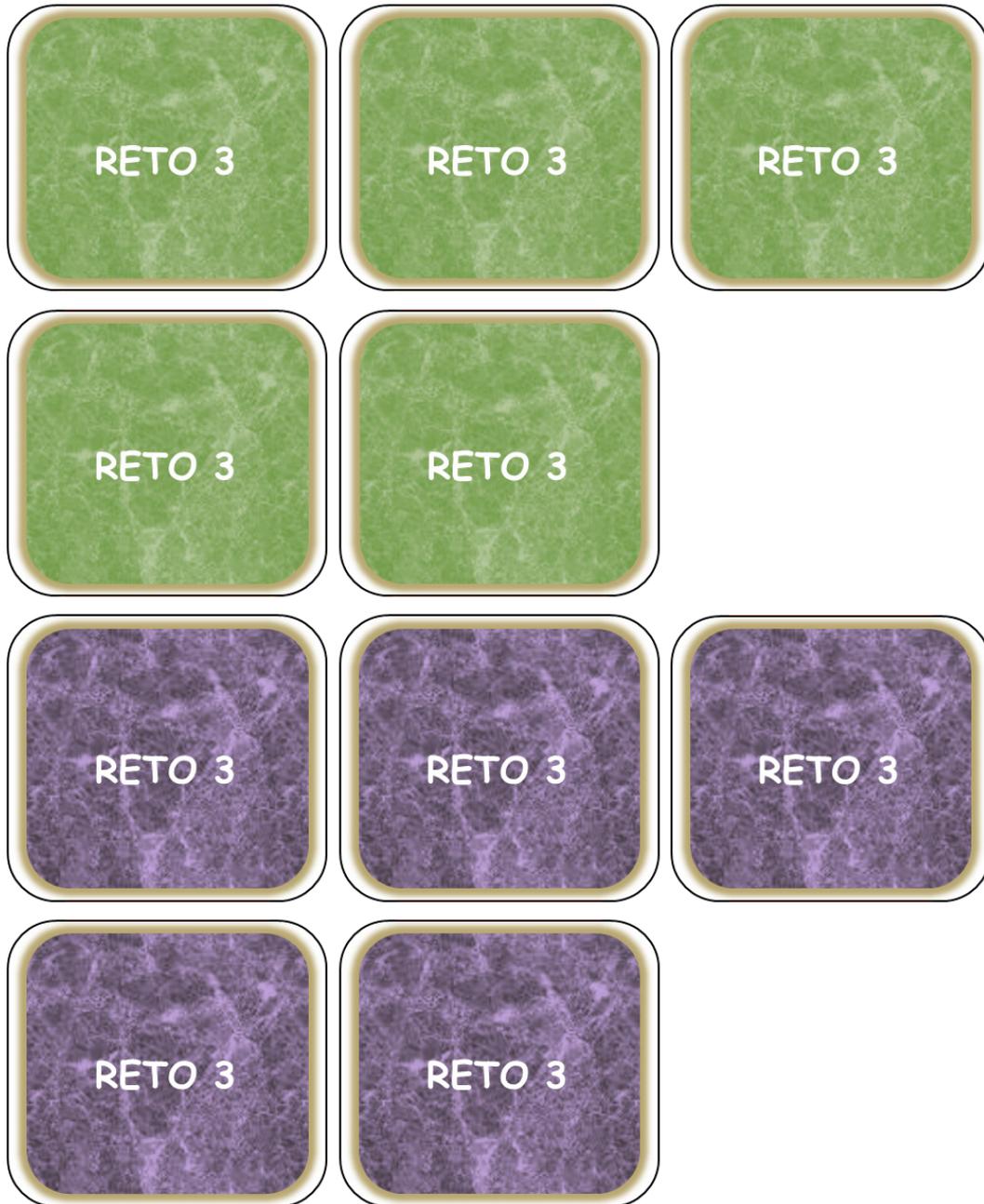
Figura A7. Tarjetas y recorrido a seguir para extraer la llave del maletín.

A continuación, se incluyen todas las tarjetas diseñadas, tanto las del sobre correcto (verde) como las del resto de sobres cuya sucesión lleva a patrones incorrectos que no permiten extraer la llave.









Pistas

Se espera que los alumnos y alumnas sean capaces de resolver los 3 retos propuestos en equipo. Sin embargo, es posible que encuentren dificultades en alguno de ellos. Para poder ayudarles, interfiriendo lo menos posible en la experiencia, se emplean varias tarjetas por reto, cada una de ellas con una pista sobre cómo resolverlo. Estas tarjetas serían entregadas al alumnado solo si después de un tiempo considerable no supiesen completar alguno de los retos. El contenido de dichas pistas y las propias tarjetas se muestran a continuación.

Tabla A1. Pistas preparadas en función de las dificultades previstas para cada reto (fuente: Elaboración propia)

	Pistas
Reto 1	Por si no se han dado cuenta de que deben calcular la aceleración, en la primera pista aparecería escrito “En ciencia es muy importante prestar especial atención a las unidades”.
	Si no saben cómo plantear las ecuaciones, se les dará una tarjeta que incluya las dos expresiones (posición, velocidad) del MRUA, para que ellos deduzcan cuál pueden emplear para calcular la aceleración.
	Es posible que una vez obtenida la aceleración no sean conscientes de que deben calcular la gravedad, la segunda pista contendría la imagen de la fórmula que deben aplicar.
	En el caso de que no sepan relacionar los códigos de los astros con el candado que deben abrir, la tercera pista sería un astro cerrado con un candado.
Reto 2	Por si no se han dado cuenta de que deben calcular la velocidad inicial, en la primera pista aparecería escrito “En ciencia es muy importante prestar especial atención a las unidades”.
	Si no saben cómo calcular la velocidad con los datos que tienen, se les entregará una tarjeta con la pista: “descomposición del movimiento en sus componentes por ejes”
	Si no saben plantear las ecuaciones se les entregará una pista que con las expresiones de posición y velocidad para ambos ejes. El alumnado debe deducir cuál es la adecuada para calcular la velocidad inicial.
Reto 3	En el caso de que no sepan cómo sacar la llave se les dará una tarjeta con el dibujo de un imán.
	Si no deducen que deben representar las gráficas de los movimientos en la cuadrícula se les entregará una tarjeta con una gráfica dibujada a modo de pista
	Si tras mucho tiempo no son capaces de relacionar los movimientos con sus gráficas, recibirán una tarjeta que contenga las 3 gráficas (posición, velocidad y aceleración) del movimiento en cuestión.

Es posible que el alumnado tenga algún problema que no ha sido previsto y que no se corresponda con una tarjeta. En dicho caso, el profesorado intentará responder verbalmente empleando la pista más adecuada a la situación planteada.

1ª PISTA

En ciencia es muy importante prestar especial atención a las **unidades**

2ª PISTA

$$s = s_0 + v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} \cdot at^2$$

$$v_f = v_0 \pm a \cdot t$$

3ª PISTA

$$g = \frac{a}{\text{Sen}\alpha}$$

$$x^\circ \cdot \frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} = \alpha \text{ rad}$$

4ª PISTA

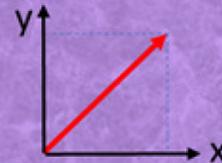


1ª PISTA

En ciencia es muy importante prestar especial atención a las **unidades**

2ª PISTA

Descomposición del movimiento en sus componentes por ejes

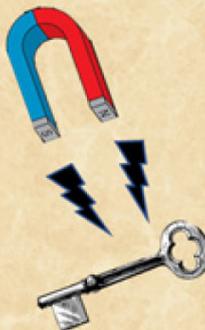


3ª PISTA

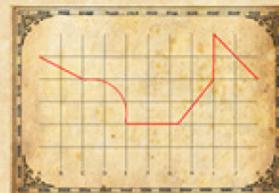
$$v_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \text{cosen}\alpha \\ v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen}\alpha \end{cases}$$

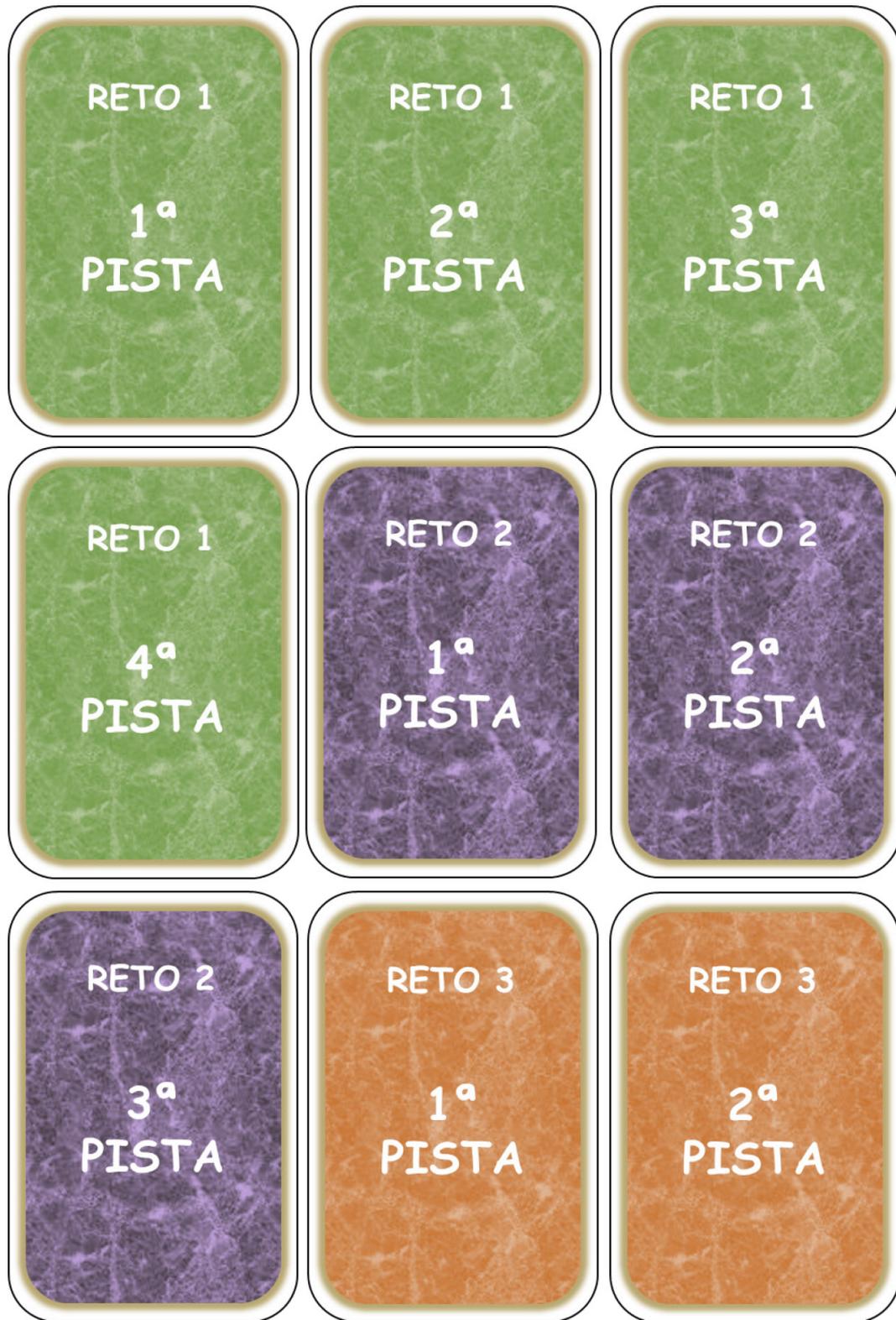
$$r(t) \begin{cases} x = x_0 + v_{0x} \cdot t \\ y = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot gt^2 \end{cases}$$

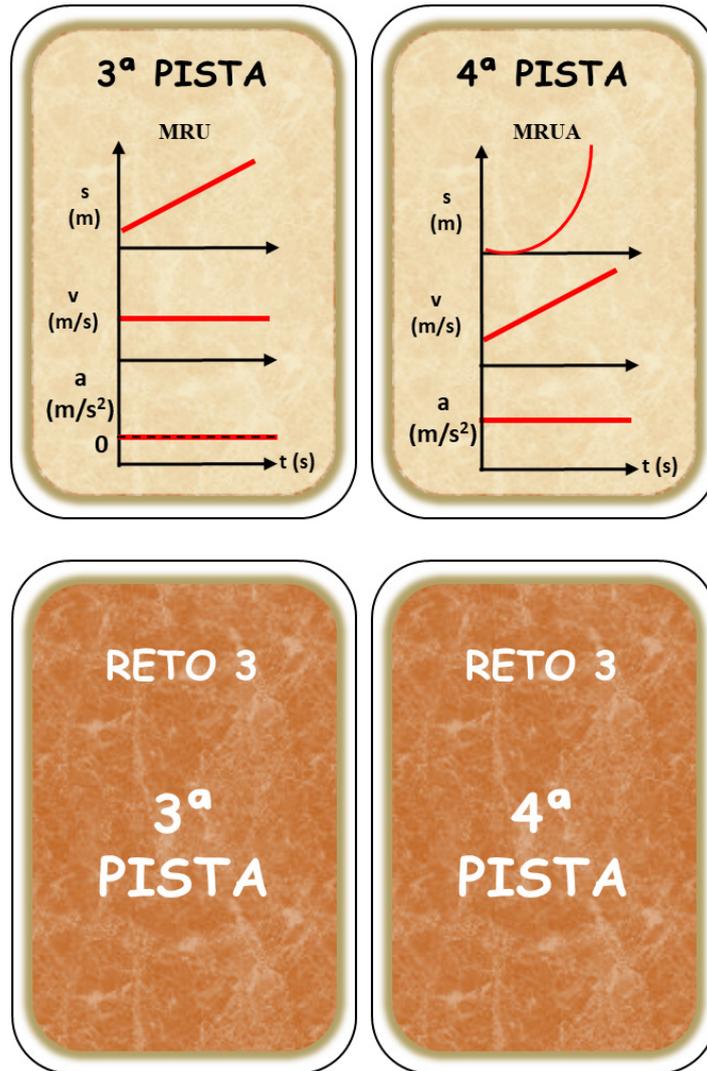
1ª PISTA



2ª PISTA







ANEXO 2

Rúbrica para evaluar la actuación del alumnado durante el *breakoutedu*

Puntuación	Insuficiente	Suficiente	Notable	Sobresaliente
Contenidos de cinemática				
Reto 1	No identifica el tipo de movimiento del que se trata	Identifican el MRUA, no sabe cómo medir la aceleración	Identifican el MRUA y mide la aceleración de forma experimental	Identifican el MRUA, mide la aceleración de forma experimental y relaciona ese valor con la gravedad
Reto 2	No identifican el movimiento parabólico	Identifican el movimiento, pero no sabe cómo medir la V_{Inicial}	Identifican el movimiento, sabe que debe separar los ejes X e Y pero comete errores en expresiones	Identifican el movimiento como parabólico y es capaz de calcular el valor de la V_{Inicial} de forma experimental
Reto 3	No relacionan los movimientos con las gráficas $x(t)$, $v(t)$ y $a(t)$	Relacionan los movimientos con sus gráficas de $x(t)$	Relacionan los movimientos con las gráficas $x(t)$, y $v(t)$	Relacionan los movimientos con sus gráficas $x(t)$, $v(t)$ y $a(t)$
Contenidos de actividad científica				
Identifica los problemas	No reconoce los problemas asociados a los retos	Reconoce los problemas de los retos con ayuda de compañeros	Reconoce el problema en algunos retos y otros con ayuda	Reconocen por sí mismo los problemas asociados a cada uno de los retos
Diseño para resolución de problemas	No propone diseños para resolver los problemas	Propone algunos diseños, pero no son adecuados	Propone diseños adecuados para algunos de los retos	Proponen diseños adecuados para resolver todos los retos
Resolución de ejercicios y uso de las magnitudes	No es capaz de resolver ejercicios numéricos	Resuelve los ejercicios, pero comete errores en la notación científica	Resuelve los ejercicios expresando el valor de las magnitudes con notación científica	Resuelven los ejercicios numéricos expresando los resultados con notación científica y es capaz de relacionarlos entre sí
Competencias transversales				
Motivación	No participan en la resolución de los retos	Participan en la actividad, pero con poco interés	Participan de forma activa	Participan activamente y animan a sus compañeros a participar
Comunicación y trabajo en grupo	No hay comunicación en el grupo	Comunicación limitada en el grupo	Comunicación fluida, pero actuación individualizada	Gran comunicación en el grupo y actuación de forma colaborativa

ANEXO 3

Reflexión posterior

Nombre y apellidos: _____

En base al *breakout* educativo que has realizado:

1. ¿Qué contenido/s crees que se trabajaron en el reto 1?
2. ¿Qué reflexión realizasteis para resolverlo?
3. ¿Crees que podríais haberlo resuelto de otra forma? Si la respuesta es sí, indica cuál.
4. ¿Por qué crees que no se incluyeron todos los astros del sistema solar en el listado? ¿Por qué los valores de las gravedades no contenían decimales?
5. ¿Por qué crees que el valor de gravedad calculado no coincidía con el de la Tierra?
6. ¿Qué contenido/s crees que se trabajaron en el reto 2?
7. ¿Qué reflexión realizasteis para resolverlo?
8. ¿Crees que podríais haberlo resuelto de otra forma? Si la respuesta es sí, indica cuál.
9. ¿Qué razón crees que hay para que los sobres del reto 3 incluyesen intervalos de velocidad en lugar de valores discretos?
10. ¿Qué contenido/s crees que se trabajaron en el reto 3?
11. ¿Qué reflexión realizasteis para resolverlo?
12. ¿Crees que podríais haberlo resuelto de otra forma? Si la respuesta es sí, indica cuál.

