

Aprendizaje conceptual del movimiento en el plano con el videojuego Portal

Conceptual learning of 2-D motion with the video game Portal

Rosario Escobar^{1*}, Laura M. Buteler²

¹Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Tres de Febrero.

²Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba. Instituto de Física Enrique Gaviola, FAMAFA - CONICET

*E-mail: mescobar@untref.edu.ar

Resumen

Este trabajo analiza el proceso de aprendizaje conceptual en una clase de física universitaria que incorpora el videojuego Portal. Adoptando una perspectiva fragmentista del aprendizaje, el análisis sigue el desarrollo del concepto de velocidad a lo largo de una conversación entre dos estudiantes y una docente, luego de jugar niveles de Portal. Se observa el avance en la conceptualización de la velocidad en el movimiento en el plano, desde una concepción escalar de la magnitud a considerarla como vector en dos dimensiones.

Palabras clave: cambio conceptual; física; mecánica; videojuego; Portal.

Abstract

This paper examines the process of conceptual learning within the context of a college - Physics class that integrates the video game Portal. The fragmented knowledge approach is adopted for studying the learning process. Thus, the research spots on the development of the concept of velocity during a conversation between two students and a teacher, after playing levels of Portal. Progress is observed during the conceptualization of velocity in two-dimensional motion, transitioning from a scalar conception to considering it as a two-dimensional vector.

Keywords: Conceptual change; Physics; mechanics; gaming; Portal.

I. INTRODUCCIÓN

La expansión de la industria de los videojuegos en las últimas dos décadas (Kim, Nauright y Suveatwatanakul, 2020; Wannigamage, Barlow, Lakshika y Kasmarik, 2020) trajo consigo un caudal importante de investigaciones sobre distintos usos de estos en contextos de instrucción. Un volumen considerable de estas investigaciones muestra expectativas con relación al uso de videojuegos como recurso para el aprendizaje de las ciencias. La diversidad de resultados da cuenta de un amplio espectro de variables a considerar: diseño de juego, objetivos, narrativa y otras características propias de estas tecnologías (Peterson, White, Mirzaei y Wang, 2020; Girard *et al.*, 2012).

Uno de los puntos a los cuales suele converger el consenso sobre la efectividad de los videojuegos se apoya en la hipótesis de la *inmersividad* (Csikszentmihalyi, 2005). A través de este fenómeno los usuarios experimentarían cierta motivación a aprender nuevas habilidades, lo cual eventualmente podría traducirse en mejores resultados de aprendizaje (Papastergiou, 2009; Sitzmann, 2011).

Aprender implica el desarrollo del conocimiento de los estudiantes desde las ideas y concepciones que ya traen. En este sentido, se ha observado que los estudios con perspectiva únicamente cognitiva tienden a reducir la diversidad

de enfoques, categorías de análisis e indicadores de aprendizaje a procesos psicológicos aislados del contexto socio-cultural en el cual ocurre la actividad de juego (Escobar y Buteler, 2018). Entender el impacto de los videojuegos en el desarrollo conceptual, sin embargo, requiere analizar la interacción en sí misma entre el recurso digital y el conocimiento de los aprendices, con todas las consideraciones metodológicas que ello implica (Sengupta, Krinks y Clark, 2015; Clark *et al.* 2015).

Con más de doce años en el mercado, Portal sigue siendo valorado por su potencial en la enseñanza de física. Se trata de un videojuego conceptualmente integrado (Clark, Sengupta, Brady, Martínez-Garza y Killingsworth, 2015) en el que los usuarios deben analizar las situaciones en función de conceptos de física newtoniana para poder avanzar. Se ha observado también que la mecánica de Portal estimula el conocimiento intuitivo en relación con el movimiento en el plano, lo cual favorece el aprendizaje conceptual de la física involucrada en el juego (Escobar y Buteler, 2022). Los resultados aquí presentados corresponden a un trabajo de investigación doctoral que estudia el proceso de conceptualización del movimiento en el plano de estudiantes universitarios con Portal.

La pregunta de investigación que guía el análisis es ¿cómo se desarrolla la conceptualización de la velocidad en el movimiento en el plano con el videojuego Portal?

II. LA TEORÍA DE CLASES DE COORDINACIÓN

El estudio del aprendizaje conceptual requiere definir el concepto o variable a partir del cual se evalúa dicho aprendizaje. Partiendo de una perspectiva *fragmentista* del aprendizaje, según la cual los conceptos se entienden como estructuras cognitivas, la teoría de clases de coordinación (TCC) propone un tipo de concepto definido como *clase de coordinación* (diSessa y Wagner, 2005). Estas categorías (clases) permiten interpretar la realidad en función de cierta información distintiva. Por ejemplo, en el análisis de la trayectoria de un cuerpo sobre la superficie de la Tierra, la interpretación del movimiento en términos de la velocidad, considerada esta clase de coordinación, implica la lectura de cierta información distintiva de la clase asociada a su carácter vectorial: las componentes del vector, el módulo, la dirección y el sentido. El concepto velocidad a su vez se encuentra asociado a una red de representaciones, ideas y otros conceptos, sin que ello suponga una representación mental prototípica: las clases de coordinación son estructuras abstractas que coordinan diferentes elementos de conocimiento, dando lugar a una lectura de la realidad observada. La mayoría de los conceptos de la física pueden ser modelados como clases de coordinación.

El desarrollo de un concepto de tipo clase de coordinación sucede principalmente a través de la interacción entre el fenómeno y el conocimiento previo de los observadores. El cambio conceptual en estos términos implica así un proceso de construcción de conocimiento a partir de situaciones dinámicas concretas: para cada situación diferente, la velocidad se proyectará diferente. Esta proyección es posible a partir de otros dos procesos: la extracción y la red causal o inferencial.

La figura 1.A muestra la arquitectura de la clase de coordinación a partir de estos tres procesos.

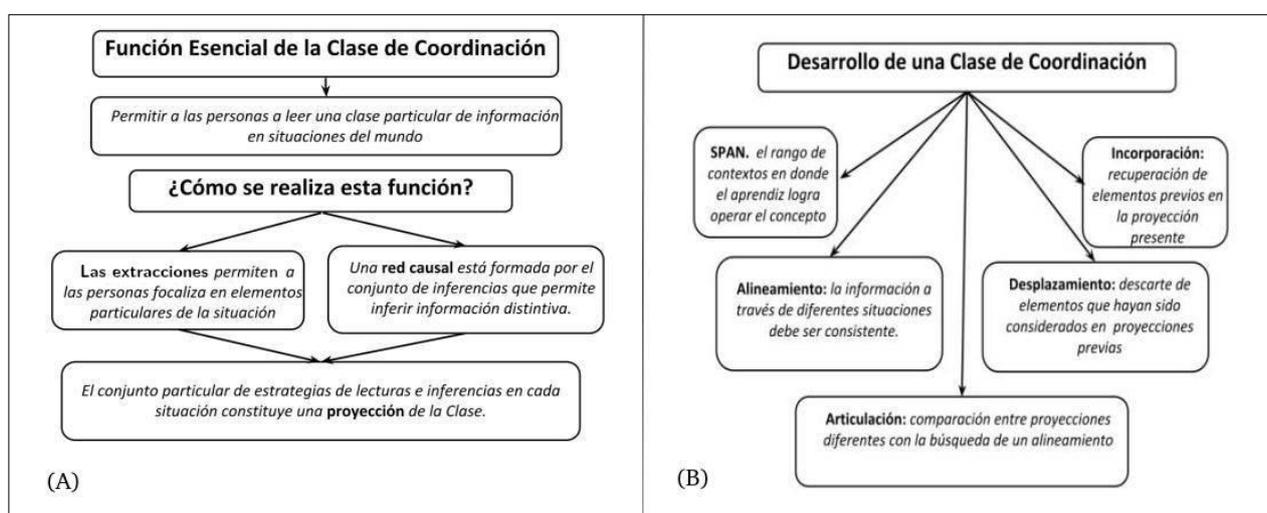


FIGURA 1. (A). Esquema de la arquitectura de la clase de coordinación. (B) Esquema del desarrollo de la clase de coordinación.

La tabla I presenta las definiciones operativas de dichos procesos constitutivos de la arquitectura de la clase de coordinación.

TABLA I. Definiciones operativas de los procesos constitutivos de la clase de coordinación.

Extracciones. Ante una situación dada, las personas identifican datos relevantes que forman la base de inferencias e hipótesis sobre el problema. Estas extracciones suelen ser observaciones visuales que resaltan aspectos clave. Este proceso no implica abstracciones o conceptos científicos específicos. Por lo general, las personas se centran en elementos particulares de la situación en relación con una pregunta o problema específico. Por ejemplo: *“Nuestra posición de partida es la misma, pero difiere en altura y distancia alcanzada en cada caso”.*

Red causal o inferencial. Este proceso implica interpretar la información extraída mediante inferencias, hipótesis y conocimientos previos. Se identifican relaciones causa-efecto entre elementos utilizando estructuras como "si/entonces". La red de inferencias puede incluir conocimiento intuitivo y conceptos abstractos. Por ejemplo: *“Cuando piso el salto de fe, experimento una fuerza impulsora que aumenta mi velocidad”.*

Proyección. Este proceso implica sintetizar información relevante para abordar un problema o pregunta en un concepto. Se observa cuando las personas utilizan un concepto para interpretar algún aspecto del problema. Por ejemplo: *“Creo que la velocidad alcanza su punto máximo en el vértice”... “Para mí, en este punto, la velocidad cambia de dirección”.*

La teoría propone además otro conjunto de procesos a través de los cuales las clases de coordinación se desarrollan, ampliando las proyecciones a un amplio espectro de situaciones (figura 1.B), a saber: la incorporación de nuevos elementos de información distintiva; el desplazamiento o sustitución de elementos de conocimiento o información proveniente de proyecciones previas; la alineación con el conocimiento normativo, lo cual da cuenta de la capacidad de expansión de la clase (*span*), dando lugar a la obtención de la misma información relevante en una amplia gama de situaciones diferentes; y la articulación entre distintas proyecciones en un problema dado, lo cual a la vez da cuenta de un proceso metaconceptual. El análisis de los registros en términos de la TCC permite desarrollar una caracterización del proceso de aprendizaje conceptual mediado por un videojuego.

III. METODOLOGÍA

El análisis de la conceptualización en términos de la TCC implica la identificación de distintas extracciones, redes inferenciales y proyecciones en el contexto de un proceso de enseñanza. Se emplea un enfoque cualitativo y descriptivo (Velasco, 2020) para caracterizar el proceso mediante el cual los estudiantes interpretan el movimiento. El análisis se centra en momentos específicos de un diálogo entre dos estudiantes (A y Q) y la profesora (D) sobre el movimiento en el plano, después de haber jugado un nivel de Portal. A y Q son estudiantes jóvenes de nivel socioeconómico medio, con edades entre 20 y 23 años. Esta clase forma parte de una secuencia didáctica centrada en el estudiante (Buteler, Nieva y Velasco, 2021), implementada en un curso de física 1 (mecánica newtoniana) para ingeniería en una universidad pública de Argentina. Durante el diálogo, se espera que los estudiantes construyan colectivamente sus interpretaciones del movimiento del personaje del juego. D interviene planteando nuevas preguntas cuando surgen contradicciones y busca tensiones y perspectivas adicionales. El enfoque dialógico problematiza la relación entre la trayectoria y la velocidad en el contexto de Portal, considerando esta última como un vector bidimensional. El objetivo es que los estudiantes desarrollen sus concepciones cinemáticas del movimiento y la velocidad, partiendo del conocimiento intuitivo expresado previamente sobre el movimiento en el plano. El análisis de tipo *grano fino* del discurso de los estudiantes permite identificar qué elementos se incorporan, cuáles se desplazan, la articulación de las diferentes proyecciones con el conocimiento normativo y cómo se expande la clase en situaciones diferentes. Se presta especial atención a las diferencias de significados expresadas durante el análisis centrado en la interpretación de los estudiantes del movimiento del personaje del juego, Chell, en términos de la velocidad.

A. Nivel de Portal

En la figura 2.A, se aprecia que Chell entra a la cámara de pruebas por (7). La puerta (8) que permite a Chell salir de la cámara está conectada a dos botones (5) y (6) que deben mantenerse presionados para que esta se mantenga abierta. Para ello, debe alcanzar los cubos (3) y (4) teniendo en consideración que si toca el agua (9) muere. Para poder saltar el agua debe utilizar los saltos de fe (1) y (2) que actúan como catapultas. En la figura 2.B, se observa un esquema del problema para analizar desde la física¹.

¹ Se puede acceder a los niveles en <https://steamcommunity.com/workshop/filedetails/?id=2796729681>

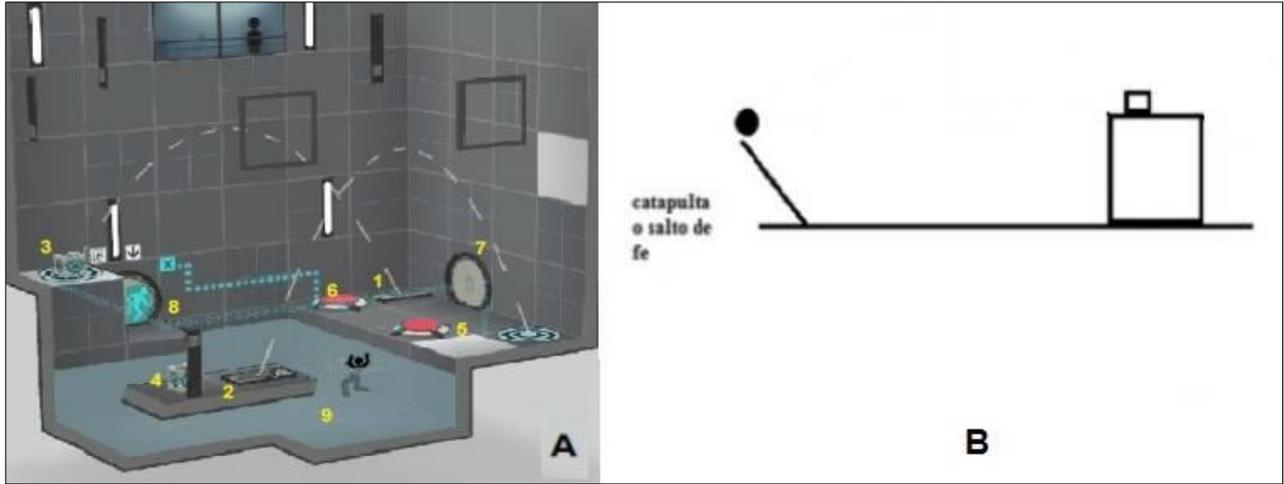


FIGURA 2. (A) muestra el mapa de la cámara de pruebas. (1) y (2) saltos de fe; (3) y (4) cubos; (5) y (6) botones; (7) entrada a la cámara; (8) salida; (9) agua mortal. (B) muestra un esquema del problema físico.

IV. ANÁLISIS DE REGISTROS

Después de jugar un nivel de Portal, los estudiantes dialogan con D sobre la experiencia de juego, utilizando el videojuego, papel y lápiz según lo necesiten para verificar sus hipótesis o desarrollar sus afirmaciones. Para superar el nivel, se requiere un lanzamiento en tiro oblicuo mediante el salto de fe. La discusión apunta a caracterizar el movimiento de Chell en términos de la velocidad y, así, avanzar hacia una descripción del movimiento en dos coordenadas independientes. Cada proyección implica un proceso de lectura de la información distintiva de la clase en la situación planteada. Cabe aclarar que ya se habían abordado las definiciones de velocidad y aceleración y definido la trayectoria como el recorrido espacial en un intervalo de tiempo en un laboratorio en la superficie de la Tierra en clases previas.

A. Proyección 1: la velocidad en cada punto es distinta y en el punto máximo es cero

A y Q parten de reconocer una trayectoria parabólica para describir el movimiento luego del lanzamiento por el salto de fe. Este reconocimiento se corresponde con extracciones o fragmentos de información descriptiva en las respuestas de A y Q sobre la situación presentada en el juego (“lo que se ve”).

1. A: *de acá a acá es fácil, básicamente la trayectoria es...turururu...ahí [dibuja una parábola].*

La figura 3 muestra las elaboraciones en papel de A y Q a lo largo del intercambio.

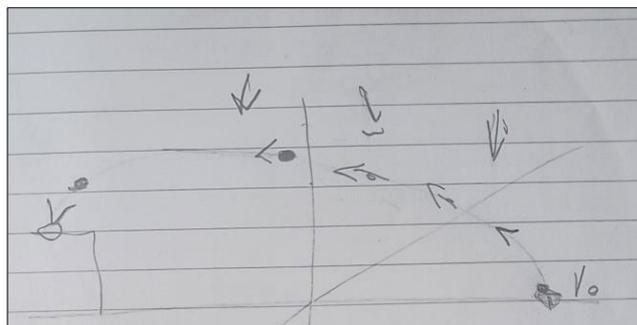


FIGURA 3. Representación del movimiento de Chell para la situación 1 por A y Q.

Los estudiantes señalan que Chell comienza a descender luego de alcanzar una altura máxima: asciende hasta un punto y luego desciende (turnos 1, 4 y 6). Luego de media hora de intercambio observan que el videojuego muestra datos del movimiento de Chell (turnos 2 y 3): posición, un valor asociado a la velocidad y el ángulo de la mira del arma que dispara portales (estos datos se muestran en un extremo de la pantalla del juego).

2. Q: Entonces vos acá tenés la **velocidad** [señala la pantalla que muestra el dato]
3. A: ahhh, vamos!!!!
4. Q: **Mirá la velocidad arriba** ¿eh? [se lanza por el salto de fe]. Ahora estamos en cero, sube a 600...y **acá ves cómo sube...** [van pausando y mirando los datos]
5. A: 400, 300, 200...Como que **no termina de hacerse cero**
6. Q: bueno, pero **acá sube de nuevo**: 500...[cuando comienza a bajar]
7. A: andá de vuelta, vamos a hacerlo con muchas más pausas, podemos anotar la velocidad en cada punto [prueban de vuelta el juego]
8. A: 400, 300, 300
9. Q: 300, 500, 600...justo antes de llegar
10. A: vamos a hacerlo de nuevo...Vos apuntá el piso así yo veo cuándo vas a saltar y vemos la velocidad en cada...581, 507...

A y Q incorporan la información explícita en Portal sobre la velocidad de Chell, lo cual les permite realizar inferencias. La interacción con Portal aquí también es de carácter extractivo: “la pantalla muestra que la velocidad es v”. A y Q extraen información del movimiento (independientemente de lo que signifique la velocidad para ellos). El recuadro siguiente muestra una red de inferencias en la que la velocidad aumenta o disminuye en función del movimiento de ascenso o descenso debido a aceleraciones “impulsoras”.

11. Q: (...) acá estás yendo en contra de la gravedad por así decirlo, y acá empezás a ir a favor de la gravedad, entonces, **aumenta la velocidad**
12. A: creo que acá tenés dos aceleraciones: la que te impulsa hacia arriba y la de la gravedad que te impulsa hacia abajo
13. Q: sí
14. A: entonces acá, en el punto máximo, se cancela la del salto de fe y empieza a aplicar solo la de la gravedad...

Luego de varios minutos de intercambio en donde los participantes venían refiriéndose indistintamente a los conceptos velocidad y aceleración para describir el movimiento. En el dibujo (figura 3), los participantes identifican que: la velocidad cambia a lo largo de la trayectoria y que en el punto máximo vale cero (turnos 15 y 17). D introduce repreguntas o tensiones para que A y Q expresen contradicciones con relación a su propia interpretación del movimiento (turnos 16 y 17).

15. A: En cada punto (...) **esto es una flechita** así y va cambiando según el punto después un cachito más así (...) por eso, en cada punto la velocidad es distinta y en el punto máximo la velocidad se vuelve cero (...)
16. Q: la aceleración propia del objeto cuando lo tirás se cancela con la de la gravedad y luego empieza a aplicar solamente la de la gravedad
17. A: (...) hasta que llega al punto máximo donde se cancela y **la velocidad es cero** y volvés a bajar...O sea, **la velocidad cambia de signo o más bien la velocidad cambia de sentido** (...)

En general, los estudiantes suelen identificar con velocidad nula el punto de altura máxima en el movimiento en el plano, expresando dificultades para leer la información distintiva de la clase velocidad asociada a su carácter vectorial. En este caso, para A y Q la velocidad se anula en la altura máxima y luego la gravedad “domina” impulsando a Chell en sentido contrario. Esta proyección coincide con la proyección de la velocidad en el punto máximo en el tiro vertical (figura 4).

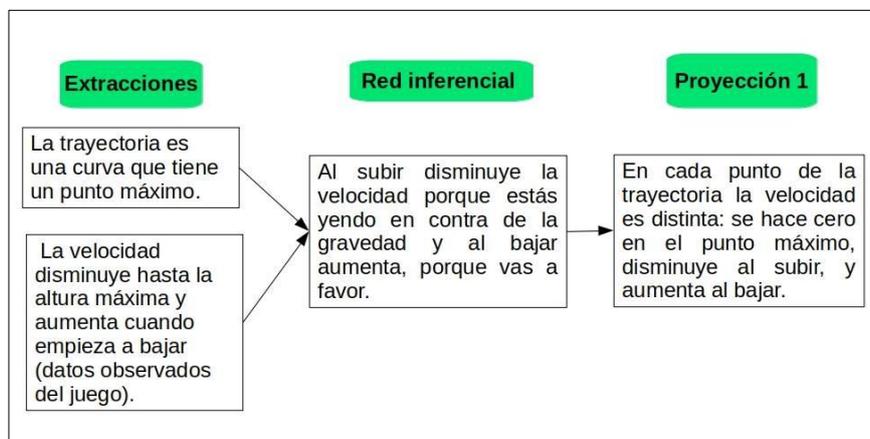


FIGURA 4. La proyección 1 representa la obtención de la información distintiva de la clase a partir de las extracciones y la red de inferencias. Aquí los participantes concluyen que la velocidad es nula en el punto máximo de la trayectoria.

B. Proyección 2: la velocidad en el punto máximo no es cero

La contradicción señalada antes, se hace explícita cuando A dirige la pregunta a D.

18. A: *profe, una pregunta para vos en este caso, en este punto máximo, ¿la velocidad se vuelve cero y empieza nuevamente o se continúa sumando? Porque yo me acuerdo que cuando hacés tiro vertical llegás a cierto punto que la velocidad era cero (...), subís, subís, subís y ahí empezás a bajar...*

En ese momento Q interviene, el intercambio entre A y Q continúa, y la pregunta vuelve a aparecer con relación a la situación de tiro vertical (turno 19). D no responde a A y devuelve la pregunta sosteniendo la tensión (turno 20).

19. A: *Lo que yo te preguntaba es si es lo mismo el tiro vertical a este caso que es oblicuo*

20. D: *yo les pregunto a ustedes...¿Será lo mismo?*

Luego de varios minutos de intercambio, se expresa una nueva extracción: el término “horizontal” ligado a la idea de velocidad constante (turno 21). En la primera proyección se observó que los participantes habían llegado a un punto en el que no pudieron seguir avanzando en sus elaboraciones. D entonces señala una diferencia clave entre ambos movimientos (turno 24), lo cual también es evidente para A y Q, quienes también lo expresan: en un caso el cuerpo se mueve horizontalmente y en el otro no.

21. Q: *yo siento que hasta cierto punto es el mismo principio (...) O sea, al ser en **horizontal** lo que termina pasando es que siempre está la misma velocidad (...)*

22. D: *en esta dirección ¿cómo se está moviendo? [señala la dirección horizontal en el vértice del dibujo que hicieron]*

23. Q: *en contra de la gravedad...Ah, no, **horizontal**...*

24. D: *(...) si se está moviendo en esa dirección, ¿qué es lo que seguro tiene?*

25. Q: *(...) **tiene velocidad***

26. A: *claro*

27. A: *claro, el tema es que acá, **a diferencia del tiro vertical, que se hace cero, acá no se hace cero***

28. Q: *no, de hecho a partir de ahí aumenta (...)*

29. A: *(...) **no es en el mismo sentido, (...) no sé si está bien decir que hay más velocidad, si es en otro sentido...***

D hace foco en esa afirmación, a partir de lo cual los estudiantes infieren la existencia de una componente de la velocidad en esa dirección (turnos 25 y 26). Este hecho implica considerar una componente de la velocidad en la dirección horizontal paralela al piso, con lo cual los términos “aumenta” o “disminuye” pierden sentido si la velocidad es diferente en una componente respecto de la otra (turno 29). La figura 5 muestra la segunda proyección del grupo en la que los participantes A y Q abandonan la idea de velocidad nula en la altura máxima.

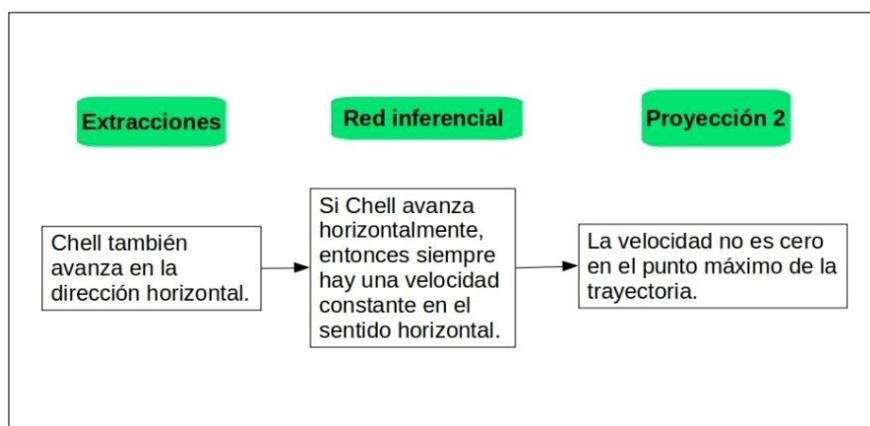


FIGURA 5. Al incorporarse la observación de que el cuerpo avanza horizontalmente como elemento extractivo, los estudiantes reconocen que en la altura máxima la velocidad no es nula (proyección 2).

VI. CONCLUSIONES

La afirmación de velocidad cero en el punto máximo del lanzamiento de Chell (proyección 1) no se corresponde con la hipótesis de que la misma velocidad es una “flecha que acompaña el movimiento” como habían planteado previamente A y Q. Para un tiro vertical, la velocidad disminuye hasta hacerse cero en el punto más alto antes de descender. Sin embargo, esto no se aplica al movimiento en el plano. Aunque aquí también existe un punto de altura máxima, ya

no es posible afirmar que la velocidad es cero allí. La proyección 1, entonces, se encuentra desalineada con el conocimiento normativo. El reconocimiento o extracción del movimiento horizontal de Chell lleva a la conclusión de que la velocidad no puede ser cero en esa dirección (proyección 2). Esto amplía la comprensión de la velocidad en dos direcciones y representa tanto una expansión de la clase con relación al tiro vertical, como el desplazamiento de la idea de que “la velocidad en el punto más alto es nula”. De ahora en más, la velocidad pasa a ser considerada en dos direcciones. Las conclusiones resultan de una colaboración entre A, Q y D en el contexto del juego Portal. Estos resultados indican un avance en la comprensión conceptual, pasando de una representación escalar de la velocidad a considerarla como un vector de dos componentes, dando cuenta del proceso de desarrollo del conocimiento a través del uso de Portal en un entorno colaborativo (figura 6).

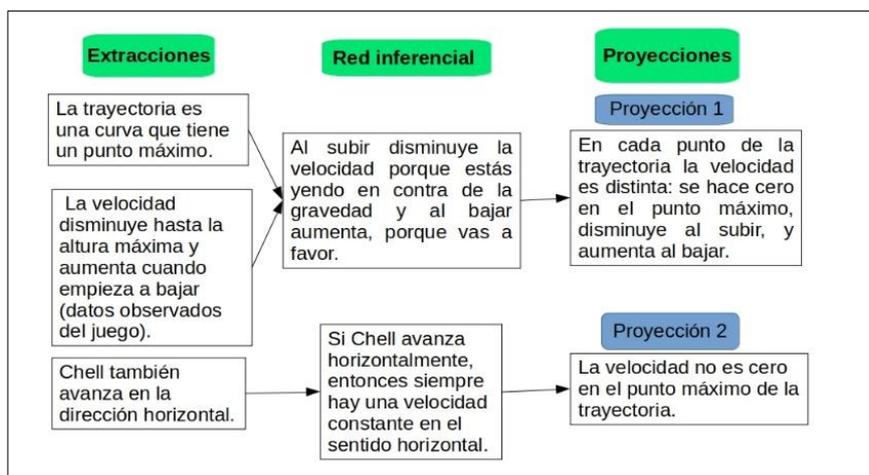


FIGURA 6. Desarrollo de la clase de coordinación velocidad de A y Q. Los estudiantes reconocen que la velocidad de Chell durante su trayectoria tiene dos componentes.

REFERENCIAS

- Buteler, L., Nieva, C., Velasco, J., *et al.* (2021). La apropiación de la enseñanza y el aprendizaje de futuros docentes durante el curso de Didáctica de la Física. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(18). http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3601
- Clark, D. B., Sengupta, P., Brady, C. E., Martinez-Garza, M. M., & Killingsworth, S. S. (2015). Disciplinary integration of digital games for science learning. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 2.
- Csikszentmihalyi, M. (2005). *Fluir (Flow): Una psicología de la felicidad* (N. López, Trad.). Barcelona, España: Kairós.
- diSessa, A. A., & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. *Transfer of learning from a modern multi-disciplinary perspective*, 121-154.
- Escobar, R. y Buteler, L. (2018). Resultados de la investigación actual sobre el aprendizaje con videojuegos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30, 1; 5. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/91660>
- Escobar, R. y Buteler, L. (2022). Videojuegos y conocimiento intuitivo: la potencialidad de Portal para aprender física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 17(2). <https://doi.org/10.54343/reiec.v17i2.330>
- Escobar, R. (2023, agosto 2023). Gaming y videojuegos: ¿aprender ciencia jugando? La Izquierda Diario. <https://www.izquierdadiario.com.ar/Gaming-y-videojuegos-aprender-ciencia-jugando>
- Girard, C., Ecalte, J., & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of computer assisted learning*, 29(3), 207-219.
- Kim, Y. H., Nauright, J., & Suvetwatanakul, C. (2020). The rise of E-Sports and potential for post-COVID continued growth. *Sport in Society*, 23(11), 1861–1871. <https://doi.org/10.1080/17430437.2020.1819695>

Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & education*, 52(1), 1-12.

Peterson, M., White, J., Mirzaei, M. S., & Wang, Q. (2020). A review of research on the application of digital games in foreign language education. En *New Technological Applications for Foreign and Second Language Learning and Teaching* (pp. 69–92). IGI Global.

Sengupta, P., Krinks, K. D., & Clark, D. B. (2015). Learning to deflect: Conceptual change in physics during digital game play. *Journal of the Learning Sciences*, 24(4), 638–674. <https://doi.org/10.1080/10508406.2015.1082912>

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489–528. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x>

Velasco, J. J. (2020). *Aprendizaje de conceptos en termodinámica: cómo y cuándo* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15307>

Wannigamage, D., Barlow, M., Lakshika, E., & Kasmarik, K. (2020). Analysis and prediction of player population changes in digital games during the COVID-19 pandemic. En *AI 2020: Advances in Artificial Intelligence* (pp. 458–469). Springer International Publishing.