

Videojuegos como recurso didáctico: modelado de la interacción con *Portal 2*

Learning with digital games: modeling interaction with *Portal 2*

Rosario Escobar^{1*} y Laura Buteler²

¹Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Mosconi 2736 (B1674 AHF), Sáenz Peña, Buenos Aires, Argentina.

²Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Medina Allende y Haya de la Torre. Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

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

Resumen

A partir de la perspectiva del conocimiento en piezas (diSessa, 2017), se analizó la interacción entre los jugadores y el videojuego *Portal 2* con el objetivo de identificar primitivos fenomenológicos (*p-prims*) asociados al movimiento en un plano. El modelado de la interacción se realizó a través de una descripción topológica de los procesos cognitivos involucrados en la interacción, tomando como marco el sistema de prioridades jerárquicas (diSessa, 1993 y Watzl, 2010). Se asociaron determinadas actividades a procesos cognitivos que involucran el conocimiento intuitivo del espacio físico y su dinámica, a partir de lo cual se identificaron y caracterizaron tres procesos diferentes durante la actividad de juego. Esta modelización permitió identificar los momentos o procesos de la actividad a los cuales los *p-prims* tendrían alta prioridad de ligarse. Los resultados de esta investigación permiten verificar las potencialidades de *Portal 2* como herramienta didáctica en el aprendizaje de la física.

Palabras clave: Videojuegos; Mecánica clásica; Conocimiento en piezas; Portal.

Abstract

This work, framed in the Knowledge in Pieces perspective (diSessa, 2017) aims to analyze the interaction between digital game *Portal 2* and players in order to identify structures of knowledge defined as 'phenomenological primitives' (*p-prims*) associated to Newtonian movement of particles in space. The interaction was modeled from a topologic description of the cognitive processes involved in the interaction by using the Structured Priority System model (diSessa, 1993 & Watzl, 2010). Certain activities were associated to cognitive processes concerning the intuitive knowledge of physical space and its dynamics. Three different processes to which *p-prims* have high cuing priority were defined. These research findings lead to verify *Portal 2* didactic potentialities

Keywords: Digital games, Knowledge in pieces, Physics learning, Structured priority system, Portal.

I. INTRODUCCIÓN

En lo que se conoce como industria del entretenimiento, los videojuegos ocupan el primer lugar, seguidos del cine y posteriormente de las transmisiones de música y video (La Izquierda Diario, 2020). El potencial de los videojuegos para albergar infinidad de situaciones de aprendizaje y estrategias pedagógicas ajustables a un nivel óptimo de desafío (Jackson, 2009) los convierte en valiosos recursos para ser utilizados en el aula, dada la naturaleza situada de los conceptos que involucran (Shaffer y otros, 2005; Hutchison, 2007; Turkay y otros, 2014). Algunas de las características que se suelen remarcar de las ventajas de los videojuegos se relacionan con:

- La potencialidad de ser utilizados como andamiaje real, apuntando a la zona de desarrollo próximo de los estudiantes (Vygotsky, 1978), dado que permiten establecer diferentes niveles de dificultad en la consecución de objetivos.
- La potencialidad para colaborar en la comprensión de complejos sistemas a partir de la construcción intuitiva de conocimiento (Clark y otros, 2009). Esto viene dado principalmente porque la mayoría de ellos, en distinta medida requieren la manipulación de objetos (virtuales).
- Dado que la experiencia con el videojuego puede ser diseñada para que los jugadores participen de mundos atravesados por distintas ideologías y puntos de vista, a partir de generar determinadas reacciones, sentimientos, emociones e incluso identidades en los usuarios, lo cual puede ser utilizado para entrenar y construir determinados puntos de vista (Squire, 2008).

Gran parte de la literatura encontrada sobre el tema muestra expectativas sobre el uso de videojuegos en la enseñanza, en contraposición a la experiencia de aprendizaje sin este tipo de tecnologías (Rebetez y Betrancourt, 2007; Egenfeldt-Nielsen, 2005; Frété, 2002; Prensky, 2001; Martínez-Garza y otros, 2013). Sin embargo, es muy poco lo que se conoce hasta el momento sobre el impacto real de los videojuegos en el aprendizaje (Ketelhut y Schifter, 2011; Turkay y otros, 2014; Malykhina, 2014). Por ello, es necesario construir conocimiento sobre cómo la utilización de videojuegos como herramienta didáctica puede efectivamente traducirse en mejoras en el aprendizaje (Annetta, 2008).

Los videojuegos invitan a la experimentación. En particular, videojuegos como Portal ofrecen la posibilidad de verificar -mediante prueba y error-, las predicciones o hipótesis de los sujetos dirigidas a lograr un determinado objetivo. Se hunde o no se hunde. Se cae o no se cae. Alcanzar una meta implica llevar a cabo una serie de acciones hacia un resultado: positivo o negativo. El escenario del juego se vuelve un laboratorio virtual en el que un conjunto de acciones acertadas permiten avanzar hacia la consecución de una meta: pasar al siguiente nivel, ganar puntos, etcétera. Avanzar implica tomar decisiones en función de los distintos contextos que se van presentando. En aquellos videojuegos en donde el universo se rige aproximadamente de manera newtoniana (como Portal), avanzar en el juego puede tener un paralelismo con la resolución de problemas de física. Ahora bien, los jugadores no siempre apelan a la física para avanzar, de hecho la mayoría de las veces esto no sucede. Dependiendo de qué tipo de obstáculos y tareas se les presenten a los jugadores la física puede estar presente en mayor o menor medida. En este sentido, diseñar niveles de juego que inviten a los estudiantes a plantearse determinadas preguntas en línea con nuestros objetivos de enseñanza implica un gran trabajo creativo abordable desde distintas perspectivas: desde un enfoque sociocultural hasta lo cognitivo o lo afectivo. Este trabajo tiene como objetivo profundizar desde una perspectiva cognitiva en el abordaje de los desafíos propuestos por el juego tomando como punto de partida el conocimiento previo sobre el movimiento en el plano.

II. MARCO TEÓRICO

A. El “sentido del mecanismo”

En ocasiones, los docentes observamos que los análisis de nuestros estudiantes sobre un determinado problema de física, aun partiendo de descripciones correctas de los fenómenos, dan cuenta de una comprensión inadecuada del mecanismo subyacente al problema, particularmente desde un punto de vista normativo. Por ejemplo, un estudiante puede interpretar que una pelota lanzada verticalmente se detiene a una dada altura máxima, debido a una “compensación de fuerzas” a la vez que un físico, en cambio, vería que un cuerpo que se mueve verticalmente no necesita la presencia de una fuerza vertical. Para el “experto” la pelota se mueve debido a un impulso inicial y se frena por acción de la fuerza de gravedad. Según la teoría del conocimiento en piezas (diSessa, 2017), los humanos gradualmente vamos adquiriendo un “sentido de mecanismo” acerca del funcionamiento de las cosas en la realidad (diSessa, 1993). Este “sentido de mecanismo” es como una intuición acerca de cómo las cosas funcionan, qué tipo de eventos ocurrirán necesariamente, cuáles son probables, cuáles improbables, o imposibles. De manera general este “sentido de mecanismo” también nos permite evaluar probabilidades sobre eventos y hacer descripciones de tipo causal¹ o interpretaciones *post factum*. Se trata de un mecanismo de adaptación en sí mismo (Vergnaud, 2013) que se construye en la experiencia cotidiana y que nos permite interpretar la realidad, tomar decisiones y operar sobre ella: cumple un rol fundamental en nuestra interacción con el mundo. Este sentido de mecanismo ocasionalmente puede exhibir cierta

¹La noción que tiene diSessa sobre “causalidad” tiene como rasgo distintivo la participación de diversos -a veces difusos- juicios de valor e impresiones más allá de simples concatenaciones de principios completamente definidos o delimitados.

coherencia aunque, visto como una totalidad, carece de las sistematicidades importantes de la ciencia teórica. Se trata de una *estructura* que guarda relación con las ya conocidas *concepciones alternativas* o *física intuitiva*, de las cuales conocemos su robustez como rasgo distintivo: son muy difíciles de modificar porque funcionan en el día a día.

B. Elementos constitutivos del “sentido de mecanismo” o conocimiento intuitivo. Los *p-prims*

El sentido intuitivo del mecanismo se halla compuesto por muchos y variados elementos que en general emergen como mínimas abstracciones de fenómenos cotidianos. Interesa entonces saber cómo está conformada esta estructura o sistema de conocimiento: cómo son los elementos que lo componen, ¿pueden ser éstos individualizados?, ¿cómo se expresan?, ¿cómo se organizan?, ¿se agrupan en conglomerados (*clusters*) o niveles jerárquicos?, ¿qué niveles y tipos de sistematicidad existen?, ¿cómo evoluciona el sistema como totalidad?, ¿qué se puede decir acerca de los mecanismos cognitivos subyacentes a las operaciones normales del sistema y su evolución?, ¿cómo se desarrolla el sentido de mecanismo y, en tal caso, cómo podemos hacer para desarrollarlo? Para responder estas preguntas se necesita una descripción más detallada de los elementos y del sistema como una totalidad. El programa de diSessa (1993) para estudiar el sentido físico del mecanismo se basa en la identificación y el análisis de determinados elementos o piezas que constituyen las estructuras de conocimiento intuitivo a los cuales denomina *p-prims* o “primitivos fenomenológicos”. Estos *p-prims* se hallan en general, débilmente organizados, lo cual impone una serie de condicionamientos (como ser, la debilidad relativa de las estructuras justificativas) que se expresan en ciertas limitaciones para resolver problemas a partir de ese sistema de conocimiento.

DiSessa (1993) propone modelar el sentido de mecanismo como pequeñas estructuras de conocimiento con las características antes enunciadas a las cuales llama *primitivos fenomenológicos (p-prims)* conjugando la perspectiva del conocimiento en piezas con el estudio de las concepciones alternativas. Estos *p-prims* se expresan y actúan a través de ser reconocidos y existe una amplia variedad de ellos dependiendo del contexto en cuestión, algunos de los más comunes para el tipo de problemas de movimiento en un plano son los que diSessa (1993) denomina: ‘Ohm *p-prim*’², “fuerza como motor” y “resistencia”. Si bien el foco de este trabajo está puesto en la identificación de *p-prims*, no profundizaremos aquí en las características específicas de estas estructuras, las cuales pueden manifestarse de diversos modos en las elaboraciones de los estudiantes y excede a nuestros objetivos. En cambio, describiremos la actividad de juego identificando los momentos y situaciones en los cuales las explicaciones de los estudiantes toman la forma de conocimiento intuitivo, el cual se asocia a determinados *p-prims*. Veremos cómo el conocimiento intuitivo se liga a un determinado estado mental activo a partir de configuraciones percibidas u observadas durante el proceso atencional. Este conocimiento intuitivo constituye una estructura en sí misma denominada *p-prim*.

C. Estructura jerárquica de prioridades

La teoría del conocimiento en piezas propone modelar la vida mental como una estructura conformada por distintos elementos que también pueden ser estados, eventos, procesos, percepciones, pensamientos, emociones u otras estructuras que se organizan según un sistema de prioridades dependiendo de la situación. La actividad de prestar atención es un proceso formado por conexiones entre estados denominados *guía* y estados resultantes. Estos estados resultantes son en sí mismos estructuras de prioridades también. De la misma manera, los procesos atencionales se organizan jerárquicamente a través de elementos que se ligan a un estado activo que determina qué atender y qué desestimar. Determinados elementos pueden tener más o menos peso que otros según la probabilidad de ligarse a un determinado estado mental activo. Esto se conoce como *prioridad de ligadura*. Ese estado activo también está organizado como sistema jerárquico, por lo tanto el estado y la actividad son interdependientes.

La perspectiva de estructuras de prioridades, entonces, permite integrar la atención con otros aspectos de la vida mental, por ejemplo, a través de la relación entre ver y prestar atención visual o entre sentir rabia y prestar atención emocional, o entre pensar y prestar atención intelectual, etcétera. Esta perspectiva también considera el hecho de que la atención, usualmente se halla *distribuida*, es decir, los sujetos pueden prestar atención a diferentes cosas en diferentes niveles. Determinados elementos pueden tener más o menos peso o prioridad durante ese proceso.

Para poder usar el modelo de estructuras organizadas jerárquicamente será necesario definir qué elementos son considerados objetos de atención de los sujetos y las diferentes formas que la actividad atencional puede tomar: la atención necesaria para realizar un deporte es diferente de la atención que se le presta a un dolor o sensación física o durante la resolución de problemas. Esta perspectiva también nos permite unificar todos los tipos de actividad atencional. Hay muchos tipos de estructuras de prioridades, sin embargo, todas se hallan constituidas por los mismos componentes y principios. Algo característico que tienen todas estas estructuras es su carácter de dependencia. Para

² Asociados a la idea de que el movimiento es producido por un agente que actúa contra una “resistencia”, dirigidos hacia la concreción de un resultado.

poder focalizar la atención en algo, los sujetos deben percibir los objetos, tener pensamientos sobre ellos o sentir emociones dirigidas hacia esos objetos:

Si un sujeto S atiende a O , entonces hay algún estado mental M que se halla intencionalmente dirigido a O , tal que S se encuentra en M y M es distinto de la actividad de atender O . En este sentido, la atención depende de otros aspectos de la mentalidad. (Watzl, 2017)

D. Activación de los p -primos y ligazón a un estado activo

Para describir la operación y sistematicidad de los p -primos se necesita un modelo más refinado de mecanismo cognitivo, más allá del simple reconocimiento. Este refinamiento puede provenir de una descripción topológica local a través de una “red de reconocimiento” compuesta por diversos elementos a la cual los p -primos se ligarían. La topología está basada en la activación sucesiva o supresión de elementos que se ligan unos a otros. De esta manera los p -primos se activarían si previamente se activan otros elementos que configuran un determinado estado que habilitan su activación. Cuánto se ve afectada la transición de un p -prim a un estado activo por elementos previamente activados estará determinado por la prioridad de ligadura. Decimos entonces que, en determinadas configuraciones, los p -primos tienen una alta probabilidad de ligarse a estos estados. Como dijimos, esta activación contingente es impulsada por otras partes de la red de elementos, por lo cual el contexto se describe en términos de esos elementos activos. De la misma manera, las estructuras también pueden desactivarse, en tal caso hablamos de *prioridad de ligadura negativa*. La probabilidad de que un p -prim activo dentro de una dada configuración se “apague” o “desactive” debido a una determinada respuesta o retroalimentación (*feedback*) que puede reforzar o neutralizar la activación inicial. Esta “estabilidad” del p -prim dentro de la configuración de elementos se denomina *prioridad de confianza*.

E. La física de *Portal 2*. Movimiento en el plano

La trama del juego se desarrolla en un laboratorio de pruebas de la empresa ficticia *Aperture Science*. Esta empresa recluta gente por medio de una serie de extrañas pruebas. Los jugadores toman el rol de una aspirante que se somete a estas pruebas, quien deberá ir atravesando distintas cámaras de prueba (pisos de un edificio) con diferentes obstáculos. Se trata de recintos o “salas de escape” con una entrada y una salida. Una vez que se logra salir de una cámara de prueba, el juego conduce al jugador a un ascensor que se dirige al siguiente piso, es decir, a la siguiente cámara de pruebas. La protagonista porta además un arma que le permite manipular objetos metálicos y crear portales para transportarse instantáneamente de un lugar a otro. El juego termina cuando se logran superar todos los niveles (o cámaras de prueba).

La realidad del juego emula un espacio newtoniano y, al pasar de un portal de entrada a uno de salida, la velocidad rota conforme rota el plano del portal (esto es aproximado, no hay manera de medirlo). Esta característica del juego puede ser aprovechada para enseñar física. El vector velocidad conserva tanto su dirección como su módulo respecto del plano del portal. Si la protagonista cae en un portal desde cierta altura, al ser válidas las leyes de la física, llegará con mayor velocidad al suelo cuanto más alto se tire. Si al caer al portal naranja (figura 1) el vector velocidad presenta cierto ángulo y cierta magnitud respecto de él, éstos se conservarán al salir por el portal azul. Los jugadores pueden usar esta conservación a su favor, por ejemplo, alcanzar lugares altos utilizando el impulso adquirido en la caída. En el ejemplo de la figura 1, las coordenadas del portal azul (salida) $x'y'$ se encuentran rotadas 90° alrededor del eje z respecto de las coordenadas xy del portal naranja (entrada).

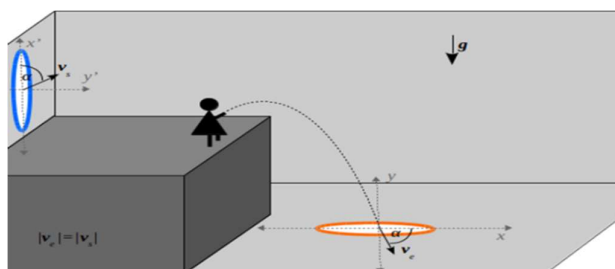


FIGURA 1. El vector velocidad conserva su magnitud y ángulo al salir por el portal azul, por lo tanto, la velocidad de entrada v_e es igual en módulo y dirección a la velocidad de salida v_s .

III. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación dirigido a estudiar la interacción entre el videojuego y el sentido de mecanismo relativo al **movimiento en el plano**, de tal manera de poder desarrollar ese conocimiento con la ayuda del videojuego. Partimos de asumir que ese conocimiento se expresa a través de las estructuras *p-prims*, tales como “fuerza como motor” y “Ohm *p-prim*” (diSessa, 1993). El objetivo de este trabajo, entonces, es modelar la interacción entre los jugadores y *Portal 2*, partiendo del modelo de estructuras jerárquicas de prioridades a fin de estudiar de qué manera y cuándo se expresarían las estructuras *p-prims*. Las preguntas de investigación que guían este objetivo son:

1. ¿Cómo se organiza e integra la información que los jugadores extraen de *Portal 2* a fin de encontrar una salida?
2. ¿Qué hipótesis, relaciones causales y entre variables cinemáticas y dinámicas de velocidad, aceleración, fuerza e impulso establecen los jugadores tanto durante el juego como en las entrevistas posteriores?

La identificación y caracterización de los procesos de la actividad de juego, permitirían avanzar sobre las potencialidades de *Portal 2* como herramienta didáctica en el aprendizaje del movimiento en un plano.

IV. METODOLOGÍA

A fin de cumplir el objetivo propuesto, se analizarán las elaboraciones de los jugadores para salir de la cámara de pruebas. Para ello, diseñamos dos niveles de *Portal 2*, en los que la situación a resolver involucra el análisis del movimiento en un plano. Se conformaron tres grupos de dos estudiantes y un estudiante jugando en solitario. Los voluntarios son estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, que ya habían cursado la materia Física 1, cuyo programa está centrado en cinemática y dinámica de Newton. Al finalizar, se les realizó una breve entrevista. Se llevó un registro audiovisual tanto del juego como de los intercambios entre jugadores durante el juego y en una entrevista posterior. A partir de los registros audiovisuales, se modeló la interacción por medio de una descripción topológica de la actividad lúdica entendida ésta como una estructura jerárquica de prioridades. A partir de esta modelización, se caracterizó la actividad de juego con base en la delimitación de ciertos procesos bien diferenciables de la propia actividad. Cada uno de estos procesos están ligados a determinados elementos con mayor o menor prioridad de ligadura, entre los cuales se intenta identificar *p-prims* asociados al movimiento en el plano real. El estudio se enmarca como exploratorio e interpretativo. Algunas observaciones:

- Los momentos, instancias o procesos pueden manifestarse tanto verbalmente como en la ejecución de acciones durante el juego.
- La categorización propuesta no es la única posible, sino que depende del diseño del juego (como ya hemos mencionado).
- En cualquier instancia del proceso, los sujetos podrán ligar al estado activo recuerdos, ideas y otros elementos que podrán no registrarse. Consideramos igualmente la pertinencia del modelo propuesto en vistas de nuestro objetivo de identificar y caracterizar de qué manera se ponen de manifiesto *p-prims* y cómo esto puede servir para evaluar a *Portal 2* como herramienta didáctica.

V. MODELADO DE LA EXPERIENCIA Y RESULTADOS

A. Funcionamiento del juego

Tal como si fuera una “sala de escape”, en el escenario virtual aparecen objetos que permiten realizar determinadas acciones dirigidas a avanzar hacia la salida. Los jugadores tienen que tratar de entender cómo se relacionan los distintos elementos, qué funciones tienen y a través de qué acciones se puede avanzar hasta encontrar la salida. La figura 2 muestra el mapa de una de las cámaras de pruebas utilizadas en este trabajo. El objetivo del juego en este caso es alcanzar un cubo que se encuentra en una plataforma alta, utilizando portales de entrada (pe) y de salida (ps). Alcanzar el cubo dependerá: (a) de que los jugadores se den cuenta de que pueden hacer un pe en el piso y un ps en la pared para ganar impulso y llegar a la plataforma sobre la que reposa el cubo; (b) de calcular la ubicación “óptima” en donde realizar el ps que les permita llegar al cubo en vez de caer al piso. Analizamos las explicaciones y la manera en la que los jugadores utilizan los portales para impulsarse y alcanzar así un objeto que se encuentra a una cierta altura. La

manera en la que se construyen esas explicaciones nos permitió establecer un modelo o esquema de interacción entre los jugadores y el videojuego.

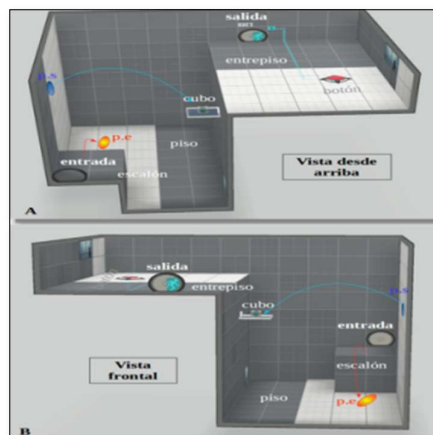


FIGURA 2. Vista frontal del mapa de la cámara de pruebas.

B. Cómo abordan los jugadores la actividad

Los jugadores despliegan una serie de operaciones a fin de encontrar la salida. Entender qué objetos hay y para qué sirven, poder ejecutar determinadas acciones y también comprender cómo funciona el mapa. En este sentido, se pudo observar que los jugadores tratan de hacer una elaboración o análisis utilizando la información obtenida a fin de cumplir un objetivo establecido por la actividad de juego. De esta manera pudimos delimitar tres momentos o procesos:

1. *Una instancia o proceso de extracción de cierta información considerada relevante.* Las extracciones son datos acerca del juego que luego forman parte de relaciones de causalidad. En el caso particular de los niveles que diseñamos, las extracciones que pudimos observar tienen que ver con el reconocimiento de los elementos de la cámara de pruebas, la identificación de objetos y su funcionamiento.

- *Exploración.* Extracciones dirigidas a reconocer de un modo general cómo es el mapa de la cámara de pruebas y qué acciones probablemente haya que realizar. Por lo general se identifican con acciones del tipo prueba y error: *Mirá / A ver / A ver qué dice.*
- *Funcionamiento.* Se trata de información que los sujetos extraen acerca del funcionamiento de los objetos y de los sistemas presentes en la cámara de pruebas (*¿Cómo funciona X? / ¿Cómo hago X? / Mirá, X sirve para Y*). En ocasiones este tipo de información se obtiene por prueba y error (*Voy/vamos a hacer X / Probemos X / Hacé X / Voy a hacer X por Y*).
- *Identificación.* Tienen que ver con el reconocimiento de objetos presentes dentro de la cámara: qué objetos hay, qué son y dónde se ubican (*¿Qué es X? / ¿Dónde se encuentra X?*)

2. *Un momento o proceso al que denominaremos de integración,* en el cual los sujetos no solo extraen datos concretos de la realidad, sino que también elaboran hipótesis y llevan a cabo operaciones más complejas. La información extraída también se integra en representaciones y construcciones que se manifiestan como hipótesis y acciones concretas. En este proceso de integración de la información, aparecen en el discurso y en las acciones de los jugadores relaciones de causalidad, comprensión de la mecánica del juego e identificación de objetivos. Los registros obtenidos nos permitieron hilar un poco más fino y caracterizar mejor estas interacciones entre el juego y los jugadores:

- *De mecanismo parcial.* Tienen que ver con comprender el funcionamiento de los objetos apuntado hacia la comprensión parcial del funcionamiento de la cámara. Es decir, son en general hipótesis que integran diferentes extracciones. En este tipo de integración vamos a encontrar interacciones que tienen que ver con la función de objetos y el funcionamiento de dispositivos dentro de la cámara integrando extracciones que tienen que ver con la identificación de objetos y su funcionamiento. Vamos a encontrarnos con interacciones que tienen este tipo de estructura semántica:

a) *Hipótesis de ubicación.* "Dado que tengo X, Y, Z objeto aquí, debería haber K, J, K objetos allá".

b) *Hipótesis de funcionamiento*. “Si tengo X, Y, Z objetos, entonces K, J, K debería funcionar de tal manera / sirven para alcanzar K objetivo”

c) *Hipótesis de causalidad mecánica*. Son aquellas que habilitan la ejecución de una acción planificada orientada a resolver el problema que se estaba buscando resolver, por ejemplo, alcanzar un cubo. Una hipótesis de causalidad mecánica es una conclusión que realizan los sujetos sobre el funcionamiento del sistema, que surge a partir de la información extraída, pero no implica una toma de conciencia de qué es lo que está ocurriendo físicamente: “*Dados todos estos datos y objetos, lo que hay que hacer es*”.

- *De medición*. Se trata de integraciones que expresan una identificación de relaciones entre variables (cinemáticas). “*Hay que analizar la relación entre X, Y, Z variables para efectuar con éxito K, Q, J acciones*”.

3. *Un proceso de lectura y toma de decisión* que incluye:

- *Identificación de tarea principal*: qué acciones concretas hay que tomar para poder sortear los obstáculos.
- *Resolución de tarea principal*: relacionado con cómo se lleva a cabo esa tarea principal.

C. Análisis de los resultados

Modelado de la actividad de juego.

Los tres momentos o procesos son interdependientes, pueden darse simultáneamente (la atención está distribuida) y su forma distintiva viene dada por los elementos a los que se ligan. Al entrar en la cámara, los jugadores ingresan a una sala con una serie de elementos y espacios y, al igual que en una sala de escape, tienen que identificar qué elementos y por qué caminos hay que avanzar para poder salir. A fin de cumplir este objetivo, la atención estará dirigida a identificar qué objetos hay, para qué sirven estos elementos, cómo pueden ser utilizados, así como también la funcionalidad de las distintas partes de la sala (proceso de *extracción*). El proceso de *extracción* se activa ante la presencia de objetos y lugares desconocidos para los sujetos y tiene como función principal la identificación y el reconocimiento de los elementos externos nuevos. Por esta razón, la estructura de extracción tiene una prioridad de ligadura alta respecto a los elementos *exploratorios*, de *funcionamiento* e *identificación* de objetos. Estos elementos al activarse dan lugar a actividades (sensoriales, mecánicas, etcétera), focalización de la atención en algunos puntos o dispositivos dentro del juego, ejecución de comandos y teclas específicos dirigidos a extraer información relevante del juego. El proceso de extracción y sus elementos activos se ligan a otra estructura a la cual definimos como *integración*. De manera análoga, el proceso de integración se liga a elementos que dan lugar a una síntesis de la información obtenida en la extracción por medio de abstracciones e hipótesis sobre el funcionamiento del sistema. Los elementos que en general se ligan a la actividad de integración se dividieron en dos procesos principales y también interdependientes: (1) el elemento de *mecanismo parcial* y sus subprocesos del tipo *a* (*hipótesis de ubicación*), tipo *b* (*hipótesis de funcionamiento*) y tipo *c* (*de causalidad mecánica*); (2) el elemento de *medición*. La activación de estos elementos da lugar a actividades que pueden mantener a estos procesos en funcionamiento o “apagarlos” dependiendo de la retroalimentación con el entorno del juego. El grado de estabilidad de dichos procesos dentro de la estructura (en este caso de integración) estará definido por la prioridad de confianza en función de la retroalimentación (ya sea con procesos internos como con estímulos externos). Una alta prioridad de confianza respecto de un contexto específico significa que es poco probable que un determinado proceso se apague o se suprima por procesos subsiguientes. Los procesos de la estructura de *lectura* (*identificación* y *resolución de tarea principal*) están dirigidos hacia la elaboración de una síntesis orientada a “leer” una situación específica e identificar lo que denominamos *tarea principal* (“qué es lo que hay que hacer” para poder sortear determinados obstáculos hacia la concreción de los objetivos del juego) y la ejecución de las acciones necesarias para resolverla (*resolución de la tarea principal*). El elemento de lectura es un proceso que habilita acciones ya no por “prueba y error” sino con base en una síntesis obtenida a partir de la integración. Una vez identificada la tarea principal, el proceso de lectura habilita una serie de integraciones que pueden resultar tanto en una retroalimentación negativa, es decir, que apague el proceso de integración (por ejemplo, los jugadores logran concretar con éxito la acción), como en una retroalimentación positiva, en tal caso el proceso de integración se mantiene activo.

Identificación de p-prims. Portal 2 como herramienta didáctica

DiSessa (1993) define ciertas características generales y comunes a los *p-prims*. Todos los grupos de jugadores pudieron llegar al final del juego y, de hecho, han expresado en su mayoría la relativa facilidad con la que lo lograron. A partir del modelado de la interacción, se puede deducir que las características distintivas de las estructuras *p-prims*, tienden a expresarse en los procesos de integración y lectura, principalmente en las integraciones del tipo “c” o “causalidad mecánica” y “de medición”, en donde los jugadores expresan relaciones entre variables y justifican las acciones

tomadas. Durante las entrevistas pudimos profundizar en estas justificaciones. Se observó que los estudiantes recordaban muy bien qué decisiones habían tomado y por qué, partiendo de una serie de relaciones de causalidad. En algunas entrevistas se observó también una equivalencia entre los conceptos de fuerza, aceleración y velocidad, así como también la utilización del concepto de energía como factor causal del cambio en el vector cantidad de movimiento. En relación con esto, pudimos observar la utilización del concepto de fuerza como agente causal del movimiento (diSessa, 1993), lo cual sería indicio de una estructura *p-prim* del tipo “fuerza como motor”. A partir de los resultados obtenidos, consideramos necesario una siguiente instancia de investigación, ajustando y modificando los niveles de juego y con entrevistas más profundas que permitan observar y caracterizar mejor la sistematicidad y evolución de los *p-prim*s.

VI. CONCLUSIONES

A partir de un abordaje cognitivo desde la teoría del Conocimiento en Piezas, los resultados dan cuenta de la potencialidad de *Portal 2* como recurso didáctico para enseñar movimiento en el plano. El análisis de la interacción se realizó a través de una descripción topológica de la actividad cognitiva que implica la ligazón de tres procesos centrales a los estados activos mentales de los jugadores: *extracción*, *integración* y *lectura*. Se observó que los *p-prim*s, tienen alta prioridad de ligarse a procesos de integración y lectura, cuyos elementos dirigen la actividad atencional a la identificación de relaciones de causalidad mecánica y entre variables cinemáticas. En la medida en que el videojuego habilita el planteo de hipótesis acerca del movimiento en un plano y la mecánica involucrada, podemos afirmar que *Portal 2* resulta ser un recurso adecuado para facilitar el aprendizaje de estos temas. Futuras investigaciones permitirán profundizar en la dimensión sociocultural de la interacción, así como también mejorar la caracterización e identificación de *p-prim*s con relación al movimiento en un plano.

REFERENCIAS

- Annetta, L. A. (2008). Video Games in Education: Why They Should Be Used and How They Are Being Used. *Theory into Practice*, 47: 229- 239.
- Clark, D. B., Nelson, B., Sengupta, P., y D’Angelo, C. M. (2009). Rethinking science learning through digital games and simulations: Genres, examples, and evidence.
- diSessa, A. A. (2017). Conceptual change in a microcosm: Comparative analysis of a learning event. *Human Development*, 60(1), 1-37.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2005). *Beyond edutainment: exploring the educational potential of computer games*. Tesis doctoral. IT-University of Copenhagen, Copenhagen.
- Frété, C. (2002). *Le potentiel du jeu vidéo pour l'éducation*. Tesis de maestría. Universidad de Ginebra.
- Hutchison, D. (2007). Video Games and the Pedagogy of Place. *The Social Studies*, 98(1), 35-40.
- Ketelhut, D. J., y Schifter, C. C. (2011). Teachers and game-based learning: Improving understanding of how to increase efficacy of adoption. *Computers & Education*, 56, 539–546.
- La Izquierda Diario (2020). *Crisis y tecnología: “Tonight we riot” y la apertura de ideas anticapitalistas en los nuevos videojuegos*. Recuperado de: <https://www.laizquierdadiario.com/Crisis-y-tecnologia-Tonight-we-riot-y-la-apertura-de-ideas-anticapitalistas-en-los-nuevos>
- Malykhina, E. (2014). *Fact or fiction? Video Games are the future of Education*. *Scientific American*. Recuperado el 23 de febrero de 2018 de <http://www.scientificamerican.com/article/fact-or-fiction-video-games-are-the-future-of-education/>

Martínez-Garza, M., Clark, D. B. y Nelson, B. C (2013). Digital games and the US National Research Council's science proficiency goals. *Studies in Science Education*, 49(2), 170-208.

Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.

Rebetez, C. y Betrancourt, M. (2007). Video game research in cognitive and educational Sciences. *Romanian Association for Cognitive Science*, 9(1), 131-142.

Shaffer, D. W., Squire, K. R., Halverson, R. y Gee, J. P. (2005). Video games and the future of learning. *Phi Delta Kappa*, 87(2), 105-111.

Squire, K. D. (2008). Video Game- Based Learning: an Emerging Paradigm for Instruction. *Performance Improvement Quarterly*, 21(2), 7-36.

Turkay, S., Hoffman, D., Kinzer, C. K., Panthipar, C. y Vicari, C. (2014). Toward Understanding the Potential of Games for Learning: Learning Theory, Game Design Characteristics, and Situating Video Games in Classrooms, Computers in the Schools. *Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 31, 1-2, 2-22.

Vergnaud, G. (2013). Conceptual Development and Learning. *Revista Currículum*, 26(marzo), 39-59

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Watzl, S. (2017). *Structuring Mind. The Nature of Attention & How it Shapes Consciousness*. Oxford: Oxford University Press.