

Un videojuego para estimular habilidades matemáticas en personas con síndrome de Down

A videogame to stimulate mathematical abilities in people with Down syndrome

GARCÍA, Lucy E. 1; MEJIA, Rafael J 2.; SALAZAR, Augusto 3; GOMEZ, Cesar E. 4

Recibido: 17/10/2018 • Aprobado: 25/01/2019 • Publicado 11/02/2019

Contenido

1. Introducción

2. Metodología

3. Resultados

4. Conclusiones

Agradecimientos

Referencias bibliográficas

RESUMEN:

En este trabajo se presenta un videojuego educativo e inclusivo para estimular habilidades matemáticas. Se sugiere además, un modelo de analíticas de juego como método de evaluación de la efectividad de dicho videojuego. Para lograr esto, se realizó una prueba con cinco jugadores y una versión resumida del juego. Todas las acciones de los jugadores fueron registradas y analizadas. Los resultados indican que las analíticas de juego son una forma de evaluación efectiva, especialmente para población con dificultades en el lenguaje, tal como la población con síndrome de Down.

Palabras clave: Analíticas de juego, síndrome de Down, matemáticas

ABSTRACT:

In this paper the authors present an educative and inclusive videogame to stimulate mathematical abilities. Furthermore, it is suggested a model based in game analytics as an evaluation method of the effectiveness of the game. To accomplish this, a pilot test was conducted with five players and a shorter version of the game. All the actions of the players were registered and analyzed. After the results were analyzed, it was concluded that game analytics are an effective form of evaluation.

Keywords: game analytics, Down syndrome, mathematics

1. Introducción

El síndrome de Down es una condición genética que causa discapacidad cognitiva y complicaciones en la producción o recepción de lenguaje. Fue descrita por primera vez por John Langdon Down en 1866 (Piazzi, Giacheti, & Moretti-Ferreira, 2014; Marlow, 2012; Sherman, Allen, Bean, & Freeman, 2007). A nivel mundial, aún no se han realizado estudios de gran escala que permitan delinear con exactitud la epidemiología del síndrome de Down. Sin embargo, a través de algunas investigaciones, se ha llegado a estimar que el síndrome

de Down afecta aproximadamente a 1 de cada 800 niños (Fundown Caribe, 2011), y al año, entre 3000 y 5000 personas (Piazzi et al., 2014).

De igual forma, esta discapacidad afecta los procesos cognitivos de las personas que lo padecen, entre estos procesos se encuentran aquellos relacionados con las habilidades matemáticas (Arteaga, 2017). Esta situación plantea, por tanto, enormes desafíos para la inclusión académica y profesional de la población con síndrome Down. De hecho, esta situación suele estar tan acentuada que incluso años atrás no se consideraba la posibilidad de que los niños con síndrome de Down pudieran aprender matemáticas de forma comprensiva (Arteaga, 2017). Sin embargo, de acuerdo con los resultados de investigaciones realizadas sobre el tema, se afirma que si es posible que estas personas puedan aprender matemáticas siempre y cuando los procesos de enseñanza se adapten a sus necesidades y características de aprendizaje (Arteaga, 2017).

En la actualidad, una de las herramientas empleadas para fortalecer este proceso de enseñanza y aprendizaje, en personas con discapacidad cognitiva, son los videojuegos educativos, los cuales en diversos estudios ya han comprobado su utilidad para apoyar dicho proceso de aprendizaje (Bourazeri, Bellamy-Wood, & Arnab, 2017; González-Ferreras, Escudero-Mancebo, Corrales-Astorgano, Aguilar-Cuevas, & Flores-Lucas, 2017; Hwang, Wu, & Chen, 2012). Incluso, se ha logrado evidenciar la efectividad de los videojuegos educativos para estimular y enseñar habilidades matemáticas (Peña & Sedano, 2014; Lowrie & Jorgensen, 2011).

Sin embargo, desarrollar videojuegos educativos para población con síndrome de Down no es una tarea fácil. Para poder desarrollar un videojuego eficaz es necesario cumplir con varios requisitos esenciales. Entre estos requisitos están los criterios de usabilidad, accesibilidad y aspectos del Diseño Universal para el Aprendizaje (Nesteriuk, 2018; dos Santos, da Conceição, de Faria, 2018; Gomez-Gurley, McLaughlin, Coleman, & Allaire, 2015; Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2013; Mustaquim & Nyström, 2012).

Otro requisito que deben cumplir los videojuegos es comprobar si realmente funciona y si logra alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos. Hay distintas formas de evaluar la efectividad de un videojuego educativo, una de estas formas de evaluación son las "analíticas de juego". Este es el término utilizado por la industria de los videojuegos para denominar la aplicación de la analítica de datos en el desarrollo y la investigación de los juegos, lo que ayuda a entender mejor cómo los usuarios juegan, encontrar errores y mejorar la experiencia de juego (Drachen, El-Nasr, & Canossa, 2013). Las analíticas de juego son una fuente valiosa de información, que permiten no solo detectar dificultades en los jugadores sino también fallas en el desarrollo del juego mismo, de esta forma, es posible mejorar tanto la plataforma educativa como el proceso de aprendizaje de los jugadores (Drachen, El-Nasr, & Canossa, 2013).

Por tanto, en este trabajo los autores, basándose en dos trabajos previos (García, Salazar, García, Hernández, & Gómez, 2018; García, Salazar, & Hernández, 2018) proponen un videojuego educativo para dispositivos móviles y tabletas, el cual busca estimular habilidades matemáticas esenciales en un contexto de actividades de la vida diaria. Además, se presenta un modelo de evaluación basado en analíticas de juego. Consecuentemente, a lo largo de este artículo, se explicará la conceptualización del videojuego que está siendo desarrollado por los autores, junto con una prueba piloto realizada a partir de la aplicación de una versión resumida del videojuego (demo) y los resultados obtenidos a partir de las analíticas de juego de dicha prueba piloto.

1.1. Contexto y estructura del videojuego

El contexto del videojuego consiste en un entorno similar al de un centro o plaza comercial en que el jugador, como personaje principal, ayuda en algunos de los almacenes (García, Salazar, García, Hernández, & Gómez, 2018). En estos almacenes, el jugador debe realizar distintas actividades para cumplir los objetivos propuestos y apoyar en las actividades que cotidianamente se realizan allí. Todas las actividades del juego tienen unos parámetros ya establecidos, tanto a nivel de mecánicas como de interfaz y configuración. Todas las

actividades tienen mensaje de texto, en audio e incluso animaciones para indicar cuando se ha completado una actividad de manera correcta o cuando el jugador se ha equivocado. En caso de que se equivoque la persona, se le suele pedir que intente realizar la actividad de nuevo.

Todas las actividades tienen tres niveles de dificultad creciente; básico, medio y alto. De igual forma, en el juego cada actividad cuenta con pistas e indicaciones visuales para orientar a la persona en caso de que tenga alguna dificultad para completar la actividad. En total, se diseñaron seis actividades para el videojuego principal, que el jugador debe completar en diversos escenarios del centro comercial.

Así mismo, cabe resaltar que estas actividades no incluyen operaciones numéricas, ya que dicha habilidad corresponde a un nivel más avanzado (Arteaga, 2017) y en este videojuego se busca estimular todas las habilidades y competencias que son necesarias para realizar operaciones con números. En este sentido, estas actividades apuntan a estimular los fundamentos y nociones básicas que subyacen toda operación matemática, tales como capacidad de relacionar, distinción de formas, identificación de magnitudes, conteo, etc.

Adicionalmente, todas estas actividades hacen parte del diseño de videojuego propuesto por los autores. A continuación, se explicará la estructura del demo creado, es decir, una versión reducida de este juego, a partir del cual se realizó la primera prueba descrita en este trabajo.

1.2. Estructura del demo

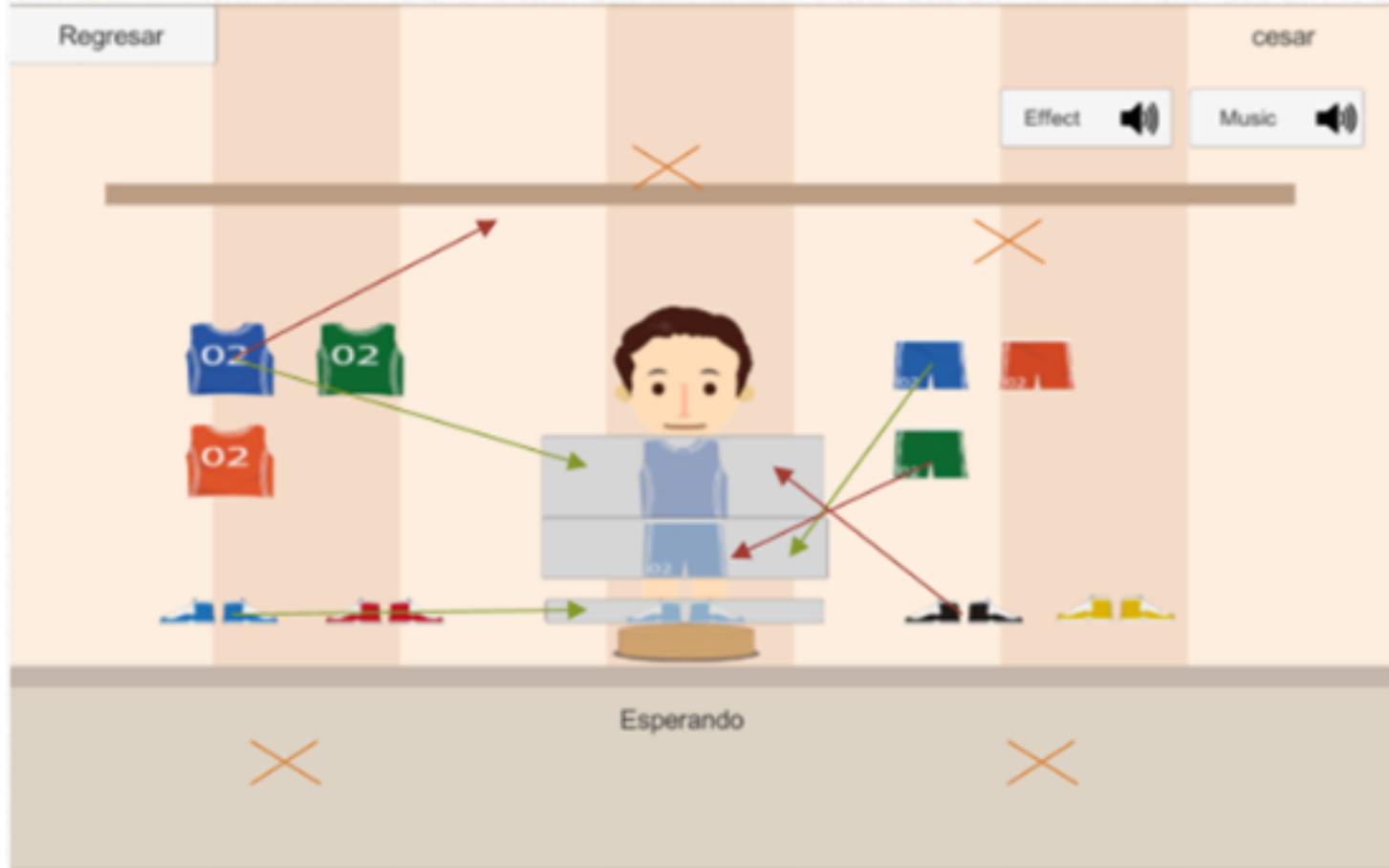
Este demo es una versión resumida del videojuego descrito en la sección anterior, también desarrollado para dispositivos móviles o tabletas, y fue creado con el objetivo de poder determinar si la conceptualización y mecánicas planteadas para el videojuego funcionan y ayudan a estimular las habilidades matemáticas esenciales para la vida. De esta forma, a partir de esta prueba piloto se retroalimentaría el proceso de desarrollo del videojuego para poder completar una versión final optimizada.

Esta versión del juego está contextualizada en el mismo escenario; un almacén de ropa, y tiene en total tres actividades. Las actividades que constituyen este demo son las siguientes:

- **Primera actividad:** En esta actividad el jugador debe vestir un maniquí con los colores que se le indiquen en pantalla. Debe distinguir entre distintos colores de las prendas y escoger el correspondiente, vistiendo al maniquí de manera uniforme con el color indicado.

Figura 1

Primera actividad del demo



Fuente: Elaborado por autores

- **Segunda actividad:** En pantalla aparecerán varias camisetas y también distintos cuadros con un número, pero solo un cuadro tendrá escrito el número de camisetas correcto. El usuario debe escoger, de entre las opciones en pantalla, el cuadro que tenga el número correcto.

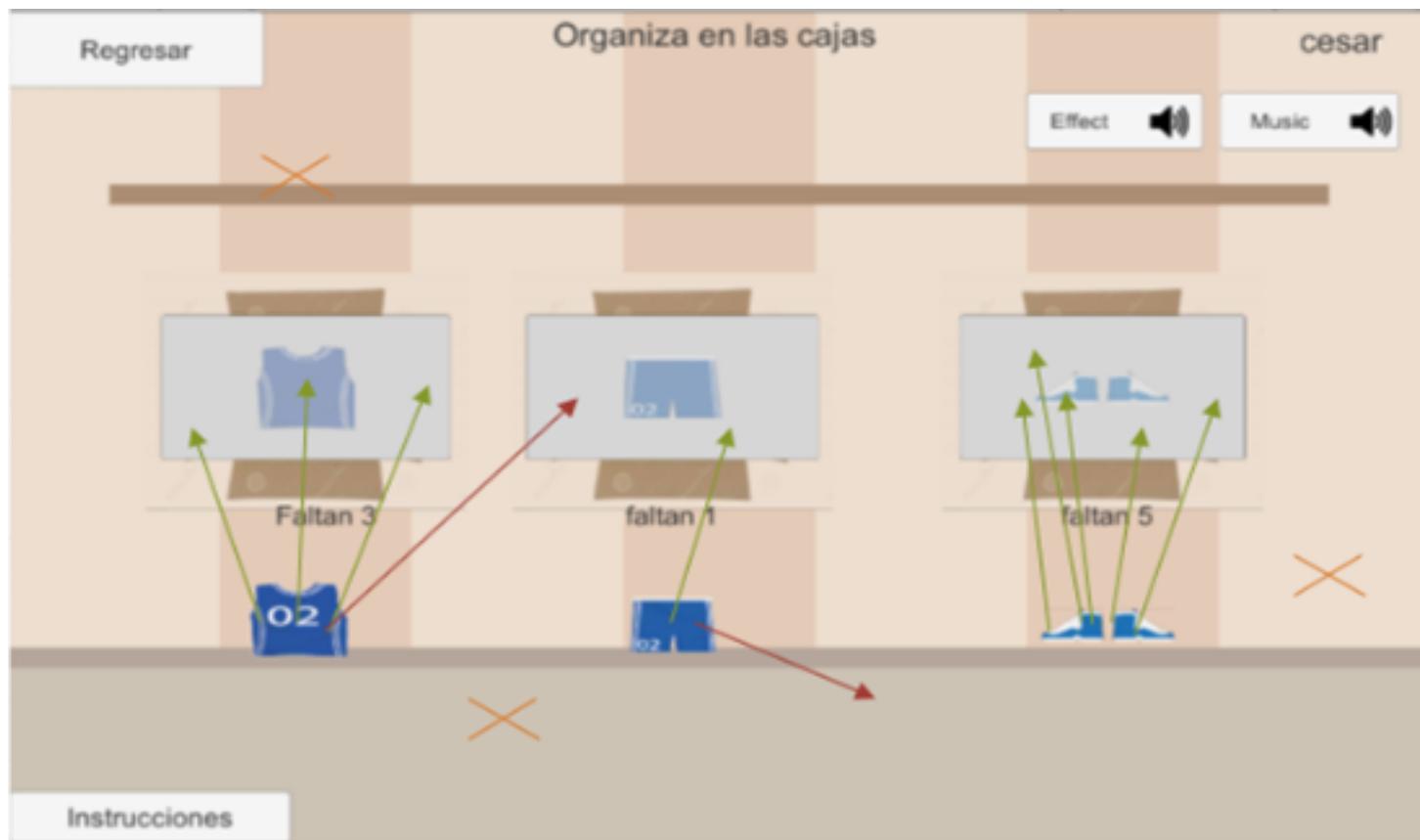
Figura 2
Segunda actividad del demo



Fuente: Elaborado por autores

- **Tercera actividad:** Aparecerán unas cajas en pantalla y en el centro de la caja se indicará la prenda que va en estas. Adicionalmente, bajo las cajas se presentan unas casillas con un número, dicho número indica el número de prendas que va en esa caja. Así mismo, en la parte inferior de la pantalla habrá distintas prendas como camisetas, pantalones y zapatos. Para resolver esta actividad el jugador debe llevar cada una de estas prendas a la caja que le corresponde.

Figura 3



Fuente: Elaborado por autores

Una vez cumplidas todas las actividades, el usuario regresará a la primera actividad, repitiendo el ciclo con otros valores, o si lo desea, puede cancelar la sesión y regresar a la pantalla de inicio en cualquiera de las actividades

1.3. Analíticas de juego implementadas

Como se comentó previamente, los videojuegos educativos pueden ser una buena herramienta para apoyar o reforzar el desarrollo de competencias o habilidades cognitivas para la población en general, incluyendo aquellas personas con síndrome de Down (Brom, Preuss, & Klement, 2011). No obstante, frente a cada videojuego educativo desarrollado surge la duda; ¿Cómo saber si logra cumplir los objetivos de aprendizaje planteados? Para evaluar estos factores se suelen usar técnicas tradicionales como los cuestionarios, no obstante, los métodos de este estilo no suelen ser muy prácticos, debido a que se requiere que las personas realicen múltiples sesiones de juego antes de poder contestar los cuestionarios, lo cual puede llegar a alargar de manera innecesaria el proceso de evaluación.

Como se ha podido apreciar, si bien estos métodos tradicionales como los cuestionarios presentan algunas debilidades como la prolongación del tiempo de evaluación, este tipo de evaluación tiene un problema aun mayor y es que pocas veces estos métodos pueden acoplarse a la experiencia del videojuego, por lo que pueden irrumpir el proceso de inmersión del jugador y disminuir la calidad de su proceso de vinculación con la experiencia educativa (Fernández, Peña, Kirillof, & Tovar, 2011). Por lo tanto, el método aplicado debe poder integrarse a la experiencia del jugador, en otras palabras, debe acoplarse al juego, sin que el jugador perciba este proceso de evaluación.

Frente a esta necesidad se proponen las analíticas de juego, las cuales pueden ser programadas en el mismo software del videojuego, pudiendo así registrar cada acción que realiza el jugador en el videojuego y de esta manera, obtener datos valiosos que permitan delinear todo el panorama que refleje la experiencia de la persona que está jugando. Estos datos no solo permiten observar los comportamientos de la persona en el juego, sino que también ayudan a detectar fallas en desarrollo del videojuego mismo.

Como se planteó en trabajos previos (García, Salazar, García, Hernández, & Gómez, 2018; García, Salazar, & Hernández, 2018), para determinar la calidad y efectividad del videojuego es indispensable examinar varios aspectos; por una parte, está el rendimiento del usuario, y por otra, el cumplimiento de los objetivos de aprendizajes propuestos en el juego. Esto implica que una mejora en el rendimiento del jugador no necesariamente implica un proceso

de aprendizaje, ya que un aumento en el rendimiento puede ser producto de un mayor esfuerzo por parte del jugador para lograr una meta personal u obtener una recompensa, lo cual no necesariamente implica la adquisición de nuevos conocimientos. Por esto se propone una dimensión semántica a las analíticas de juego, la cual permitiría inferir el significado de las acciones individuales del jugador y las evaluaría dentro del alcance del objetivo de aprendizaje propuesto en el juego.

La dinámica propuesta para realizar este análisis consiste en plantear una pregunta sobre lo que se quiere saber de una actividad y a partir de esta pregunta se identificarían todos aquellos datos (indicadores) que implícitamente den respuesta a esta duda. Por ejemplo, si se quiere saber si los jugadores entienden lo que deben hacer en el juego, se podría responder a esta interrogante con los siguientes datos; promedio de tiempo para completar una actividad, porcentaje de jugadores que completan la actividad en un determinado tiempo, frecuencia de acciones del jugador que no están relacionadas con la actividad a realizar, etc. A continuación, se explorarán las preguntas que se deben responder por cada actividad del demo aplicado y los indicadores (acciones del jugador registradas) que dan respuesta a estas preguntas.

1.4. Analíticas de la primera actividad

Para resolver la actividad de manera exitosa, el usuario tiene como objetivo vestir el maniquí con los colores correctos, esto se logra si arrastra las camisas, pantalones y zapatos a los hitbox correspondientes; en caso de que se arrastren fuera del hitbox o en el hitbox incorrecto, entonces se interpretaría como falla, lo mismo sucede si escoge el objeto del color incorrecto. En caso de que el usuario realice acciones no relacionadas con el objetivo de la actividad entonces se considera como una interacción innecesaria. A continuación, se presentan aquellas preguntas que podrían hacerse sobre el desempeño del jugador en esta actividad:

- ¿Cuál es el promedio de intentos fallidos antes de que cumpla la actividad?
- ¿Cuál es el promedio de veces que el usuario escoge la respuesta correcta al principio del drag?
- ¿Cuál es el promedio de veces que el usuario escoge la respuesta incorrecta al principio del drag?
- ¿Cuál es el porcentaje de clicks fuera de los elementos de juegos?
- ¿Cuál es el porcentaje de drops incompletos por usuario?
- ¿Cuál es el porcentaje de drops correctos por usuario?
- ¿Cuál es el porcentaje de drops erróneos por usuario?

Para comenzar a responder estas preguntas se puede mirar la frecuencia de eventos en el juego, cada evento corresponde a una acción del jugador, por lo tanto, estos eventos serían los datos que se registrarían y permitirían responder a dichas preguntas. Los eventos a partir de los cuales se obtendrán los datos son:

- **Evento A:** Empezó el drag con el objeto correcto
- **Evento B:** Drag del objeto
- **Evento C:** Hizo el drop correcto
- **Evento D:** Hizo el drop incorrecto
- **Evento E:** Click fuera de los elementos de juego
- **Evento F:** Drop incompleto, antes de llegar a un hitbox
- **Evento G:** Empezó el drag con el objeto erróneo
- **Evento H:** Actividad terminada
- **Evento I:** Actividad cancelada

1.5. Analíticas de la segunda actividad

Para completar esta actividad el usuario debe escoger el número correcto de camisas, si el usuario escoge el número incorrecto o da click sobre las camisas, esto se tomará como falla. Si hay interacción con otros elementos en pantalla que no sean pertinentes para resolver la actividad entonces esto se interpretará como una acción innecesaria. En esta actividad las preguntas que se pueden plantear son las siguientes:

- ¿Cuál es el promedio de aciertos?
- ¿Cuál es la ratio de clicks sobre las camisas por usuario?
- ¿Cuál es el promedio de intentos fallidos por usuario?
- ¿Cuál es la ratio de clicks fuera de los elementos de juegos?

Para dar respuesta a estas preguntas los eventos que se registraron fueron los siguientes:

- **Evento A:** Escogió la respuesta correcta
- **Evento B:** Escogió la respuesta incorrecta
- **Evento C:** Click fuera de cualquier elemento de juego
- **Evento D:** Click en las camisas a contar en vez de los botones
- **Evento E:** Actividad terminada
- **Evento F:** Actividad cancelada

1.6. Analíticas de la tercera actividad

El usuario para completar la actividad tiene que arrastrar las prendas que salen en pantalla (camisa, pantalón y zapatos) a la caja correspondiente y debe realizar este arrastre el número de veces que se le indique para llenar la caja. Si el usuario arrastra los objetos fuera del hitbox o en el hitbox equivocado, esto se considerará como falla, en caso de que haya interacción con elementos ajenos a la actividad entonces esto será tratado como una interacción innecesaria. Para esta actividad las preguntas que se pueden formular son:

- ¿Cuál es el porcentaje de drop erróneos por usuario?
- ¿Cuál es la ratio de click fuera de los elementos de juegos?
- ¿Cuál es el porcentaje de drops incompletos por usuario?
- ¿Cuál es el porcentaje de drops correctos por usuario?

Al igual que en las analíticas presentadas anteriormente, los eventos que pueden dar respuesta a estos interrogantes son los siguientes:

- **Evento A:** Empezó el drag
- **Evento B:** Drag en el objeto
- **Evento C:** Hizo el drop correcto
- **Evento D:** Hizo el drop incorrecto
- **Evento E:** Click fuera de los elementos de juego
- **Evento F:** Drop incompleto, antes de que llegar a un hitbox
- **Evento G:** Actividad terminada
- **Evento H:** Actividad detenida

Todo lo mencionado anteriormente corresponde a las preguntas que se intentarán responder con las analíticas de juego de cada actividad y los eventos que activarán la captura de los datos indicados.

2. Metodología

El objetivo de este trabajo es presentar la propuesta de un videojuego educativo para estimular habilidades matemáticas básicas y determinar, a partir de un demo y las analíticas de juego, si esta es una forma efectiva de evaluar a los jugadores. Este proceso inició con la elaboración del guion del juego el cual incluía la historia y los diálogos, después se procedió

con la descripción de los movimientos y mecánicas del juego, se desarrollaron las pistas de las actividades, se incluyeron los audios y se diseñaron todas las pantallas. Posteriormente, se procedió a desarrollar el prototipo del videojuego en E-adventure versión 1.5 (Torrente, Ortega-Moral, Moreno-Ger, Fernández-Manjón, 2012). Paralelo a este proceso de desarrollo del videojuego, se inició la creación de una versión resumida (un demo) con solo tres actividades, las cuales funcionarían con las mismas mecánicas diseñadas para el videojuego principal.

2.1. Simulaciones y registro de analíticas de juego

Para probar las analíticas del juego se hicieron unas pruebas controladas en las que cinco participantes simulaban cinco perfiles de jugadores. Al diseñar estos perfiles se intentó cubrir un espectro de niveles de desempeño variado para que fuera inclusivo con las personas con síndrome de Down. Cada participante tuvo que jugar un número de sesiones en las que ya estaban predeterminadas las acciones y las respuestas que debían dar en cada actividad, para simular situaciones específicas y observar si las analíticas permitían registrar e interpretar dichas situaciones. Por lo tanto, los jugadores cometieron errores específicos indicados por los autores en las instrucciones que se les dio a cada participante. Los cinco perfiles fueron los siguientes; el jugador 1 tenía que jugar dos sesiones completas (es decir, completar el demo dos veces), en este caso, tenía que simular ser una persona que tuvo un desempeño regular en la primera sesión y que fue mejorando progresivamente en la segunda sesión.

El perfil del jugador 2 consistía en jugar solo una sesión, simulando ser alguien que obtuvo buenos resultados en la primera actividad con pocos errores, resultados negativos en la segunda actividad y un desempeño perfecto en la tercera actividad. De igual manera, el jugador 3, debió hacer tres sesiones (completar el demo tres veces), imitando a una persona que le fue mal en la primera sesión, regular en la segunda y mucho mejor en la última, proyectando la situación de alguien que no se rindió hasta conseguir buenos resultados.

Adicionalmente, el jugador 4, tuvo que jugar una sesión, simulando ser un usuario que le fue bien en la primera sesión y al quedar satisfecho con ese primer resultado se retiró. Finalmente, el jugador 5 tuvo que jugar dos sesiones, imitando a una persona que le fue mal en la primera sesión y que, tras mejorar un poco en la segunda, se retiró. En la siguiente sección se pueden apreciar los resultados de estas simulaciones.

2.2. Registro de los datos de las analíticas de juego

Cuando el usuario interactúa en alguna actividad del juego se activa un evento que le indica al videojuego lo que debe detectar y registrar, en caso de que el dispositivo no esté conectado a internet el videojuego crea un archivo temporal donde se guardan los datos. En caso de que el dispositivo sí esté conectado, el videojuego verifica si hay archivos temporales guardados para proceder a enviar estos datos a un servidor, pero si no hay un archivo entonces se registran y almacenan los datos directamente.

Los datos serán guardados en un documento Google Sheet y una vez que se hayan registrado todos los datos estos serán extraídos mediante un Json para después, a partir de estos datos, crear gráficas con Google Chart. Con estas gráficas se buscará analizar lo sucedido en cada sesión de juego y buscar dar respuesta a algunos de los planteamientos iniciales.

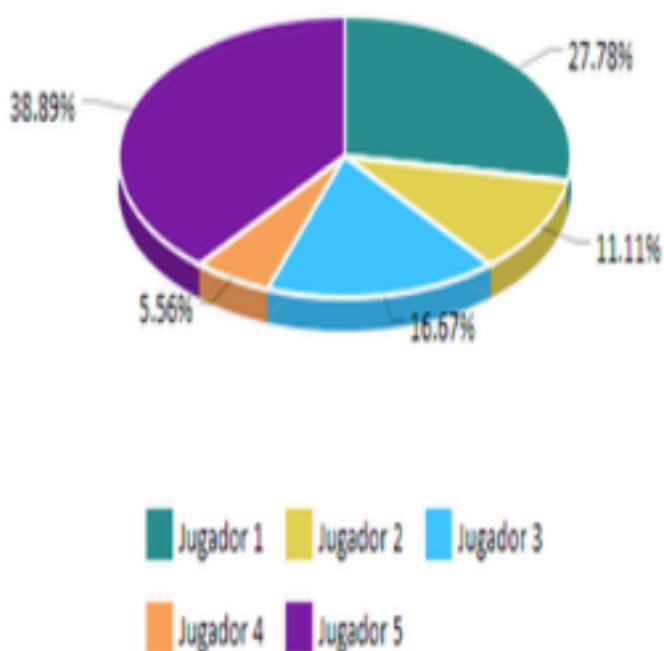
3. Resultados

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de las analíticas por cada una de las tres actividades.

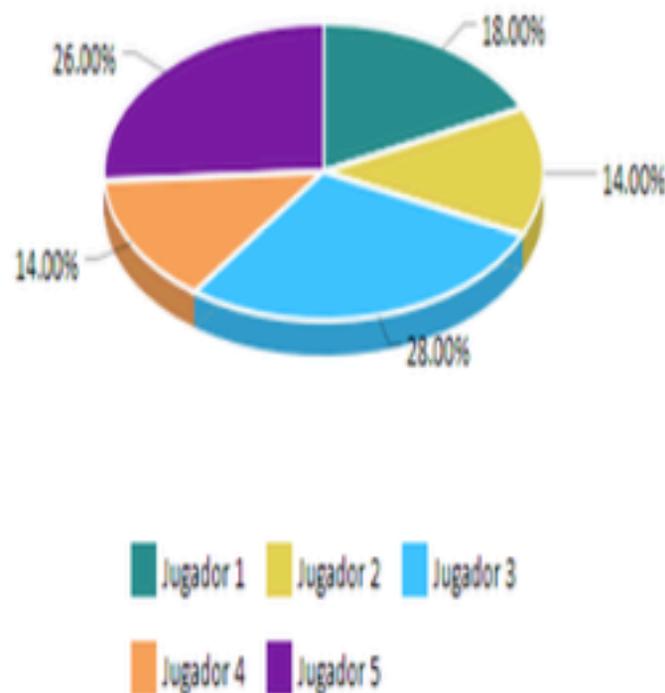
3.1. Primera actividad

Los resultados de las analíticas de juego para la primera actividad se pueden apreciar en las Gráficas 1 a 7. Al analizar estas gráficas es posible dar respuesta a las preguntas elaboradas para esta actividad. En primera instancia, en referencia a la Gráfica 1 que muestra el promedio de fallas, todos los datos encajan con el perfil asignado a los jugadores y reflejan en su porcentaje el desempeño que debían tener. De igual forma, en la Gráfica 2, que exhibe el promedio de veces que se escoge la respuesta correcta al inicio del drag, el porcentaje obtenido del jugador 1 (18%) encaja con su perfil asignado, pero en el caso de los jugadores 2 y 4 (14% ambos) el porcentaje debería ser mayor que el del jugador 1, ya que estos dos jugadores tenían un perfil de buen desempeño, en contraste con el del jugador 1 quien debía tener un desempeño regular. Sin embargo, hay que recordar que estos porcentajes se refieren a escoger la respuesta correcta al inicio, más no implica completar la acción o depositar dicha respuesta en el hitbox correspondiente.

Gráfica 1. Promedio de fallas

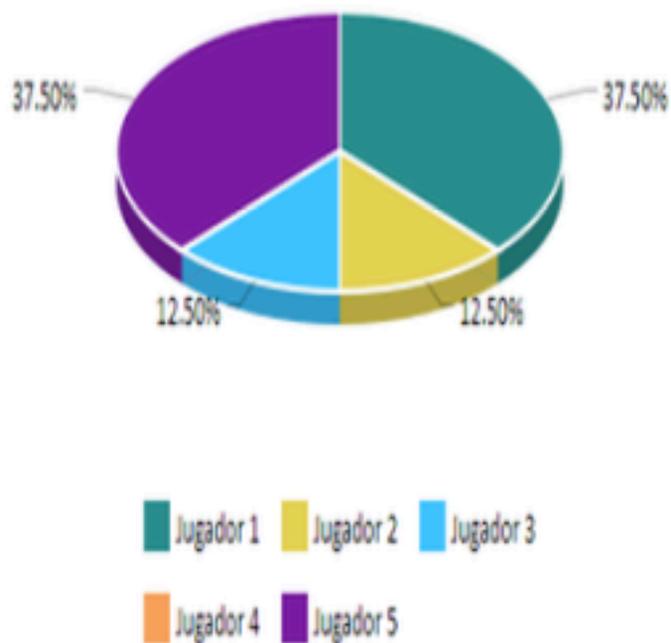


Gráfica 2. Respuesta correcta iniciando el drag

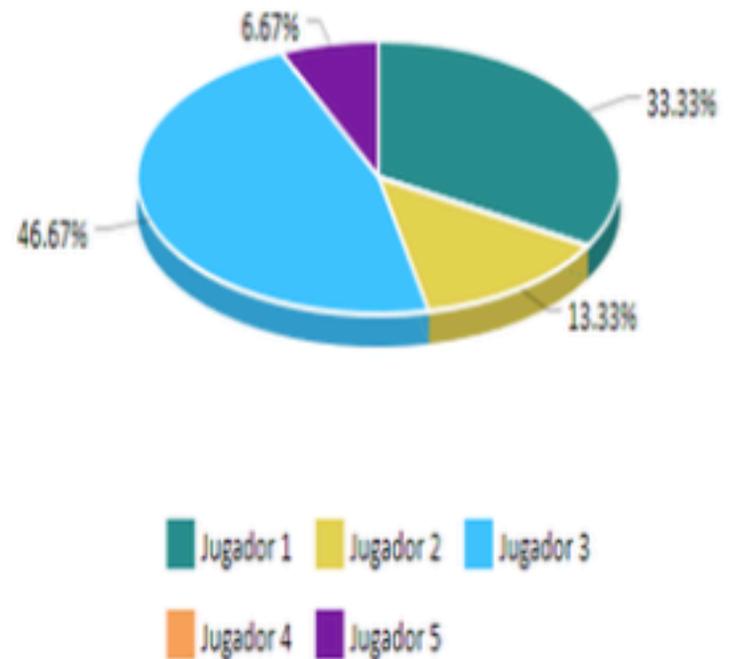


Por otra parte, en la Gráfica 3, que se refiere al promedio de veces que se escoge la respuesta incorrecta al inicio del drag, todos los perfiles encajan a excepción del jugador 3 (12.5%) ya que su perfil indicaba que debía tener un desempeño negativo, por lo tanto, su porcentaje debería ser mayor en este caso. Así mismo, en la Gráfica 4, donde se refleja porcentaje de clicks en elementos ajenos a la actividad, todos los perfiles encajan, aunque se esperaría un mayor porcentaje por parte del jugador 5 (6.67%), no obstante, esto no es significativo ya que hacer un click innecesario no es equivalente a una falla, por lo tanto, no es algo que contradiga al perfil asignado al jugador 5. En cuanto a la Gráfica 5, que indica el promedio de drops incompletos, aquí todos los perfiles encajan en lo que se podría esperar para cada uno.

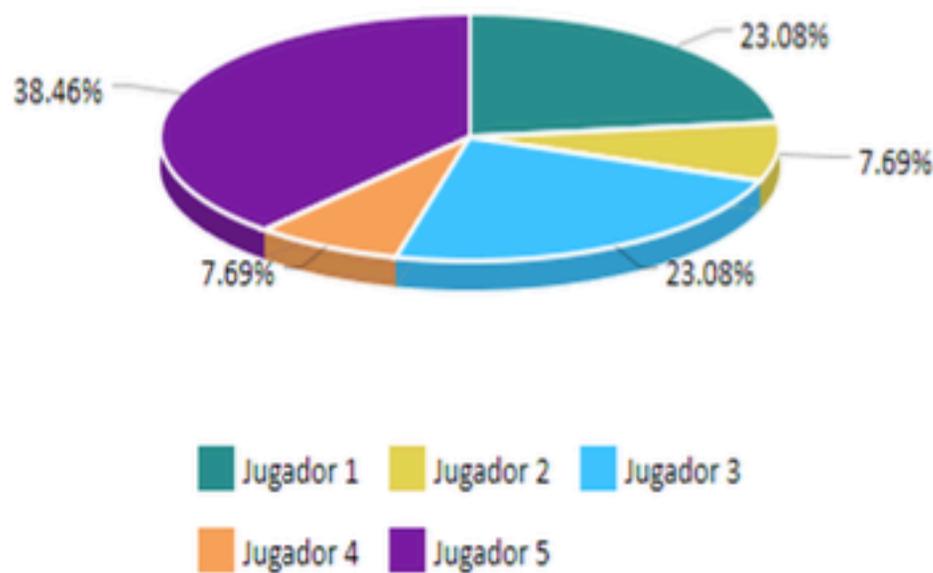
Gráfica 3. Respuestas incorrectas iniciando el drag



Gráfica 4. Clicks en elementos fuera de la actividad

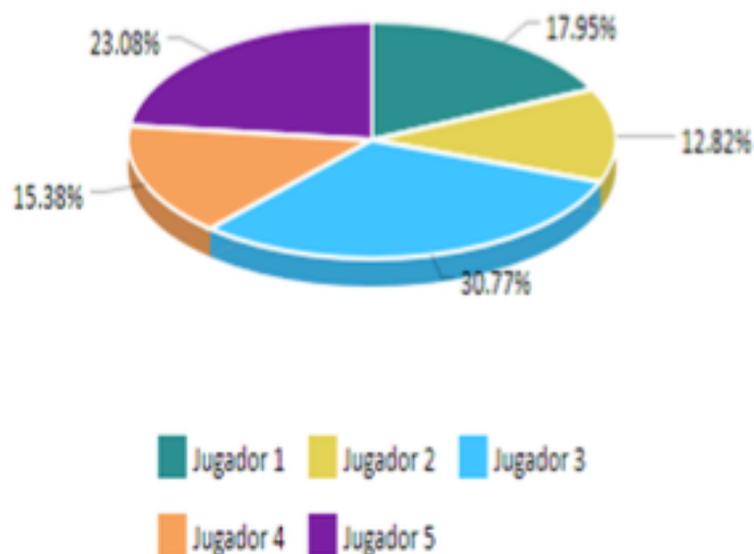
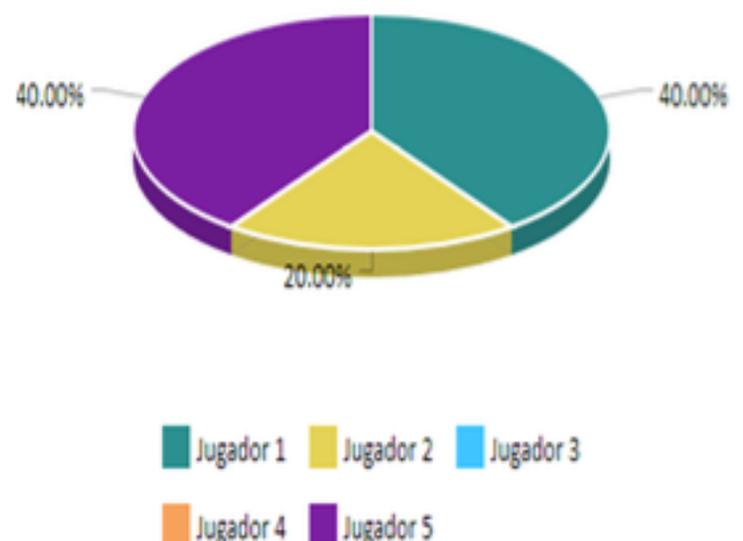


Gráfica 5. Drops incompletos



En la Gráfica 6, se muestra porcentaje de drops correctos, ningún perfil encaja a primera vista, ya que se muestra que los jugadores 3 y 5 (30.77% y 23.8% de forma correspondiente), quienes debían tener un mal desempeño, tienen mayor número de aciertos que el jugador 2 (12.82%) y jugador 4 (15.38%), a quienes correspondía tener un buen desempeño. No obstante, esta situación puede explicarse por el número de sesiones que jugaron con el demo, ya que los jugadores 2 y 4 realizaron solo una sesión de juego, mientras que el jugador 3 realizó tres sesiones y el jugador 5 tuvo 2 sesiones, por lo tanto, acumularon más eventos de drops correctos, reflejándose esto en un mayor porcentaje.

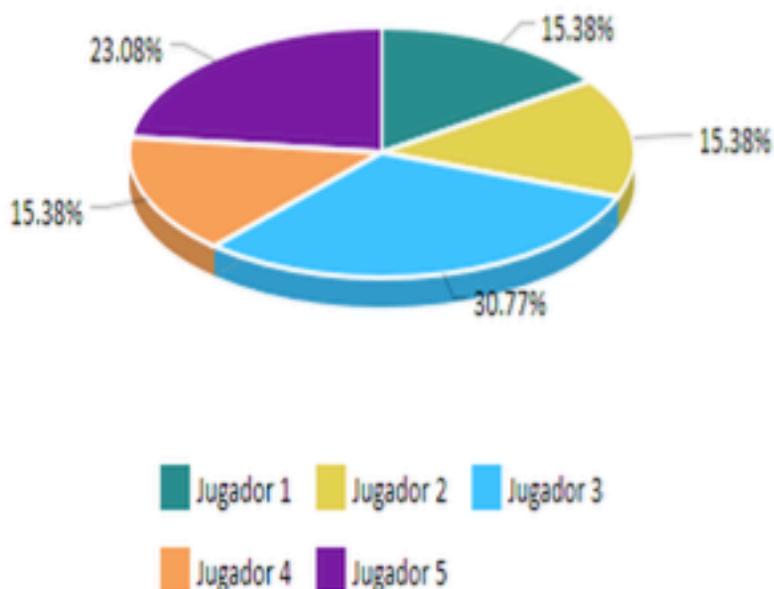
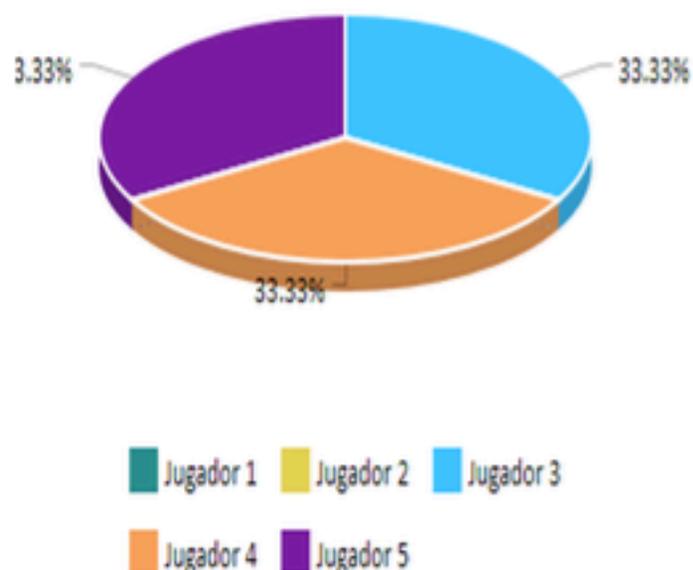
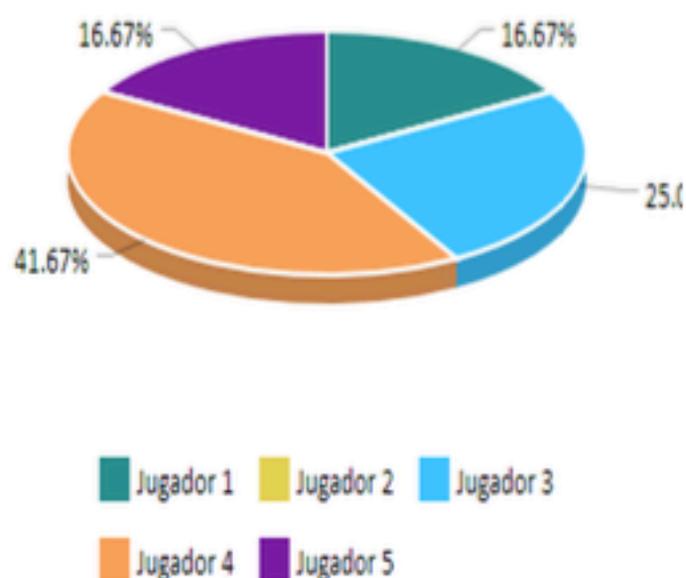
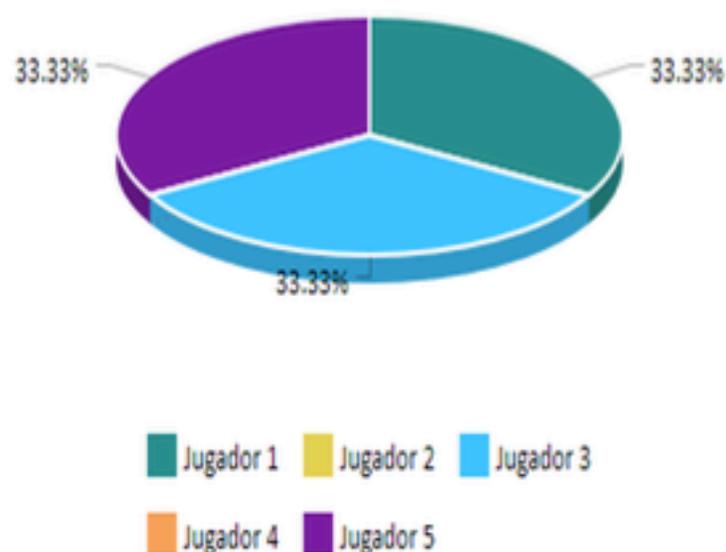
Finalmente, la Gráfica 7 muestra el porcentaje de drops erróneos, aquí se puede observar que todos los perfiles coinciden con el plan de pruebas a pesar de que el jugador 2 tiene un 20% de drops erróneos. Al examinar la frecuencia de eventos de este jugador se puede observar que solo cometió 2 errores y en su perfil se especificó que tendría un buen desempeño, pero debía cometer algunos errores, por lo tanto, es congruente este resultado.

Gráfica 6. Drops correctos**Gráfica 7. Drops erróneos**

3.2. Segunda actividad

En las Gráficas 8 a 11 se muestran los resultados de las analíticas de juego de la segunda actividad. En la Gráfica 8, donde se muestra el promedio de aciertos; se hace evidente la influencia del número de sesiones nuevamente, ya que los mayores porcentajes de aciertos correspondieron al jugador 3 (30.77 %) y al jugador 5 (23.08%), quienes debían tener un bajo desempeño, pero como se explicó anteriormente, esto se debe a que dichos jugadores realizaron más sesiones y por lo tanto, acumularon más aciertos registrados, por lo tanto, este resultado no implica que su desempeño fuera mejor que el de los otros jugadores. Ahora bien, en la Gráfica 9, en la cual se puede observar el promedio de clicks sobre las camisas (el cual se toma como un evento innecesario), no se refleja algo significativo, ya que solo se registró un click por parte de los jugadores 3, 4 y 5.

Adicionalmente, la Gráfica 10 refleja el promedio de intentos fallidos de cada jugador y todos los perfiles encajan a excepción del jugador 4, ya que se supone que debe tener un buen desempeño, pero tuvo el mayor número de intentos fallidos (41.67%). Al examinar la frecuencia de eventos en el registro se puede detallar que en este caso hubo cinco fallos, por lo que solo habría dos posibilidades, la primera es que se tratase de algún factor externo que causara la falla como fatiga cognitiva o algún problema en el diseño de la actividad, sin embargo, lo último es poco probable ya que ningún otro jugador tuvo un número de fallas tan alto. Por último, los resultados de la Gráfica 11, que proyecta la ratio de clicks fuera de los elementos del juego, no son significativos, ya que registran para los jugadores 1, 3 y 5 una frecuencia de solo un click.

Gráfica 8. Promedio de aciertos**Gráfica 9. Promedio de clicks sobre camisas****Gráfica 10. Promedio de intentos fallidos****Gráfica 11. Clicks fuera de los elementos del juego**

3.3. Tercera actividad

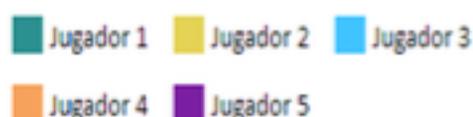
Las analíticas de juego de la tercera actividad se muestran en las Gráficas 12 a 15. En la Gráfica 12, que indica la ratio de clicks ajenos a los elementos de la actividad, se puede observar que solo se registraron clicks innecesarios por parte del jugador 3 y 4; en el caso del jugador 4 no es significativo puesto que su porcentaje (16.67%) se traduce en solo un click, mientras que el jugador 3 tiene un 83.33% lo que se traduce en cinco clicks innecesarios.

En la Gráfica 13 se detalla el porcentaje de drops erróneos. Se observa en este caso que solo tres usuarios cometieron errores en esta actividad; el jugador 1 (20%), el jugador 4 (40%) y el jugador 5 (40%). Con respecto a lo anterior, los porcentajes del jugador 1 y el jugador 5 son lógicos y congruentes con su perfil, pero no es el caso con el jugador 4, ya que se supone que su perfil indica que debe tener buen desempeño, es posible que estas equivocaciones sean productos de factores externos, como la fatiga cognitiva por ejemplo, tal y como se mencionó antes o simplemente fueron errores de interpretación sobre lo que había que hacer en la actividad, lo que pudo afectar su desempeño en la simulación.

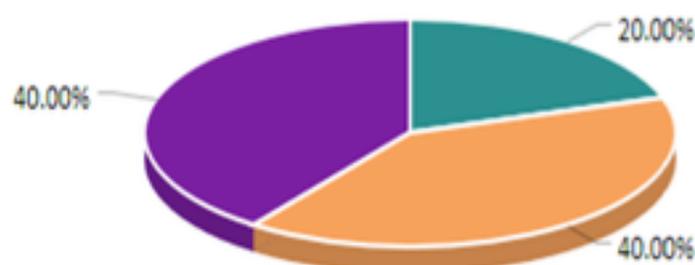
Siguiendo con la Gráfica 14 la cual muestra el porcentaje de drops incompletos, se observa que todos los perfiles encajan; nuevamente el jugador 3 y el 5 tienen los mayores porcentajes (37.5% y 25% de forma correspondiente). Para finalizar, la Gráfica 15 muestra

el porcentaje de drops correctos, en esta gráfica se obtuvieron los mismos porcentajes que en la Gráfica 14, por lo tanto, los mayores porcentajes corresponden al jugador 3 (37.5%) y al jugador 5 (25%), si bien estos son los jugadores que debían tener un bajo desempeño, estos resultados se pueden explicar por el hecho de que jugaran más sesiones que los otros jugadores, como se mencionó anteriormente, acumulando drops correctos en el registro de datos.

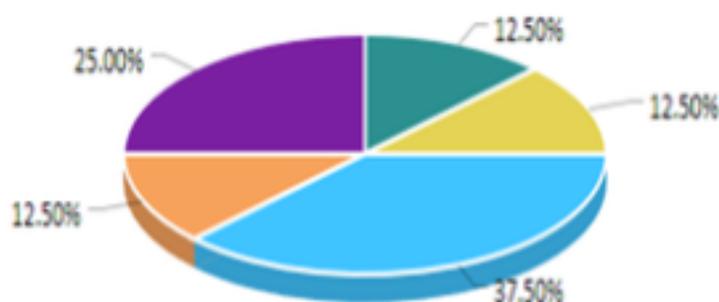
Gráfica 12. Clicks fuera de los elementos del juego



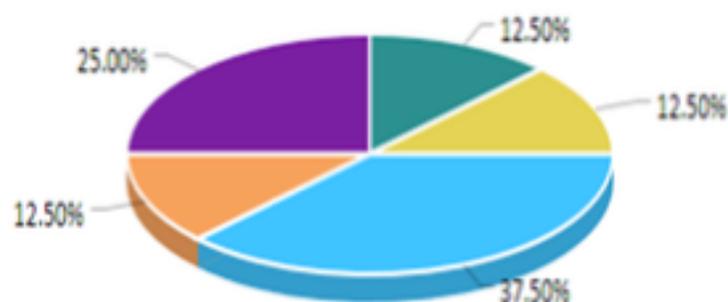
Gráfica 13. Drops erróneos



Gráfica 14. Drops incompletos



Gráfica 15. Drops correctos



4. Conclusiones

En este trabajo se tuvo como objetivo presentar una propuesta de un videojuego educativo e inclusivo para estimular habilidades matemáticas, junto con un modelo de evaluación y retroalimentación basado en analíticas de juego, por medio de una prueba controlada. Tras examinar los resultados ilustrados en las gráficas elaboradas, a partir de dichas analíticas, se puede establecer desde una perspectiva general, que los resultados de los jugadores coincidieron con los perfiles asignados a cada uno en la simulación. Aunque, en algunos casos como el de los jugadores 3 y 5, los datos no reflejaban lo que se esperaba, debido a que jugaron más sesiones que los otros, acumulando así más eventos en su registro de datos.

A pesar de las diferencias con respecto a lo planeado y lo finalmente ejecutado por dos de los jugadores, es posible afirmar que las analíticas de juego son una herramienta valiosa para evaluar a los jugadores, examinar sus comportamientos durante las sesiones de juego y retroalimentar sobre puntos débiles en el diseño de los videojuegos. De igual forma, debido a los problemas de lenguaje que suelen tener las personas con síndrome de Down (Piazzi et al., 2014), estas analíticas pueden ser útiles para recopilar información que los

jugadores no puedan expresar con claridad, optimizando de esta manera el proceso de retroalimentación sobre la experiencia de juego. Si bien las gráficas permiten condensar y visualizar muchos datos, para sacar un mayor provecho en los análisis de este tipo, se recomienda acompañar las gráficas con tablas de frecuencia donde se registren con minucia cada evento de los jugadores, así como un registro de observación conductual de los usuarios mientras juegan.

Para concluir, se puede establecer que las analíticas de juego tienen un gran potencial en su aplicación, ya que una vez que los datos hayan sido registrados y procesados, los educadores podrán examinar la experiencia de la persona, su desempeño y su proceso de aprendizaje, mientras que los desarrolladores del juego podrán analizar el desempeño de la aplicación y determinar qué aspectos se pueden mejorar.

Agradecimientos

Los autores agradecen al profesor Mauricio García, así como a los estudiantes del programa de Diseño Gráfico de la Universidad del Norte por su colaboración en el presente proyecto.

Referencias bibliográficas

- Arteaga, B. (2017). Aprender matemáticas en niños con Síndrome de Down. Recuperado de: <http://www.unir.net/educacion/revista/noticias/aprender-matematicas-en-ninos-con-sindrome-de-down/549201633172/>
- Bourazeri, A., Bellamy-Wood, T., & Arnab, S. (2017). EnCity: A serious game for empowering young people with Down's syndrome. In IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH). IEEE, International Conference on Serious Games and Applications for Health, Perth, Australia, 2-4 April. <https://dx.doi.org/10.1109/SeGAH.2017.7939267>
- Brom, C., Preuss, M., & Klement, D. (2011). Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study. *Computers and Education*, Vol. 57(3), 1971–1988. doi: <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.007>
- dos Santos, E.P., da Conceição, V.A., & de Faria, L.C.L. (2018). Interaction Techniques to Promote Accessibility in Games for Touchscreen Mobile Devices: A Systematic Review. En: Antona M., Stephanidis C. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Methods, Technologies, and Users. UAHCI 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10907. Springer, Cham
- Drachen, A., El-Nasr, M., & Canossa, A. (2013). *Game Analytics Maximizing the Value of Player Data*. London: Springer
- Fernández, E., Peña, J., Kirillof, S., & Tovar, N. (2011). La simulación y los juegos en línea como herramienta para la inmersión educativa. *Etic@ net*, Vol. 9 (10). Recuperado de <http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/numero10/Articulos/Formato/articulo1.pdf>
- Fundown Caribe. (2011). Qué es el síndrome de Down. Recuperado de <http://www.fundowncaribe.org/index.php/que-es-el-sindrome-de-down>.
- García, L., Salazar, A., García, M., Hernández, S., & Gómez, C. (2018). Video Game Analytics and Down Syndrome. *eLearning & Software for Education*, Vol. 1, 265-272.
- García, L., Salazar, A., & Hernández, S. (2018). Diseño y validación de un recurso educativo digital para el desarrollo de las competencias matemáticas para la vida de niños y niñas con Síndrome Down. In 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion". Lima, Perú, 19-21 July. Recuperado de http://www.laccei.org/LACCEI2018-Lima/full_papers/FP524.pdf
- Gomez-Gurley, K., McLaughlin, A.C., Coleman M.G., & Allaire, J.C. (2015). Accessibility in Serious Games for Adults Aging with Disability. En: Zhou J., Salvendy G. (eds) *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Everyday Life. ITAP 2015. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9194. Springer, Cham

González-Ferreras, C., Escudero-Mancebo, D., Corrales-Astorgano, M., Aguilar-Cuevas, L., & Flores-Lucas, V. (2017). Engaging adolescents with Down syndrome in an educational video game. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 33(9), 693-712. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10447318.2017.1278895>

Hwang, G. J., Wu, P. H., & Chen, C. C. (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities. *Computers & Education*, Vol. 59(4), 1246-1256. doi: <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.009>

Lanfranchi, S., Jerman, O., & Vianello, R. (2009). Working memory and cognitive skills in individuals with Down syndrome. *Child Neuropsychol*, Vol. 15(4), 397-416. doi: [10.1080/09297040902740652](http://dx.doi.org/10.1080/09297040902740652).

Lowrie, T. & Jorgensen, R. (2011). *Digital Games and Mathematics Learning*. New York: Springer

Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2013). Bringing tabletop technology to all: evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 17(8), 1577-1591.

Marlow, J. (2012). *Down Syndrome (trisomy 21): Developmental Implications from Morphometric Investigations of the Effects of Gene-dosage Imbalance Upon Craniofacial Phenotypes in Humans and the Ts1Yey Down Syndrome Mouse Model*. Pennsylvania: University of Pennsylvania.

Mustaquim, M. & Nyström, T. (2012). An Inclusive Framework for Developing Video Games for Learning. En Felicia, P. (ed.), *Proceedings of the 6th European Conference on Games Based Learning (ECGBL)*, 348-355.

Nesteriuk, S. (2018). *Audiogames: Accessibility and Inclusion in Digital Entertainment*. *Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management*, 338-352. doi:10.1007/978-3-319-91397-1_28

Peña, N. & Sedano, M. (2014). Educational Games for Learning. *Universal Journal of Educational Research*, Vol.2(3), 230-238. doi: [10.13189/ujer.2014.020305](http://dx.doi.org/10.13189/ujer.2014.020305)

Piazzzi, S. Giacheti, M. & Moretti-Ferreira, D. (2014). Narrative language and fluency in down syndrome: a review. *Revista CEFAC*, 16(4), 1311-1317. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201424512>

Sherman, S., Allen, E., Bean, L. & Freeman, S. (2007). Epidemiology of Down syndrome. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, Vol. 13(3), 221-227.

Torrente, J., Ortega-Moral, M., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2012). <e-Adventure>: Desarrollo de un editor para la creación de juegos accesibles. En Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas (CEAPAT) (eds.), *Buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos* (p.81-86). Recuperado de <http://www.ceapat.es/InterPresent1/groups/imsero/documents/binario/accesvideojuegos.pdf>

Los recursos para la financiación del proyecto provienen del Convenio 344/643-2010 suscrito entre COLCIENCIAS/PATRIMONIO AUTONOMO FONDO NACIONAL DE FINANCIAMIENTO PARA LA CIENCIA, LA TECNOLOGIA Y LA INNOVACIÓN FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS/MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

1. Profesora. Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad del Norte, Colombia, lucyr@uninorte.edu.co
2. Psicólogo vinculado a la Universidad del Norte, Colombia, rmejiaj@uninorte.edu.co
3. Profesor. Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad del Norte, Colombia, augustosalazar@uninorte.edu.co
4. Ingeniero de sistemas, Colombia, cesaregomez1@gmail.com