

# APLICACIÓN DEL DISEÑO CENTRADO EN USUARIOS EN JUEGOS EDUCATIVOS INTERACTIVOS DE MUSEO ROMINA CARRASCO ZUFFI

Romina Carrasco Zuffi, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Comunicación y Artes Contemporáneas COCOA, Coordinadora de la carrera en Interactividad y Multimedia, Quito, Ecuador. [romina.carrasco.zuffi@gmail.com](mailto:romina.carrasco.zuffi@gmail.com)  
• M.A. en Artes Digitales. Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, España

## Resumen

El estudio examina el desarrollo de una serie de juegos interactivos educativos multimedia creados para enseñar conceptos de física a niños en el Museo Interactivo de Ciencias de Quito. La investigación resalta el uso de una *metodología centrada en el usuario* (jugador) y en el desarrollo de los juegos. Se destaca el trabajo realizado con modelos mentales, que permitieron alcanzar altos índices de satisfacción y de interpretación por parte del público. Se demuestran los beneficios de generar productos locales, creados desde y para sus propios usuarios, y se dan recomendaciones para futuras investigaciones que otorguen importancia al contexto local.

**Palabras clave:** museo, juegos interactivos, educación, física, multimedia

## Abstract

This research work examines the development of a series of multimedia-interactive educational games that were created to teach children concepts in physics at the Interactive Science Museum of Quito. The research highlights the use of a methodology focused on the user (player) and game development. Emphasis is placed on the work based on mental models, which enabled to achieve high levels of satisfaction and favorable interpretation by the public. The benefits of generating local products, created by and for their users, are shown, and recommendations for future research, stressing the importance of a local context, are given.

**Keywords:** museum, interactive games, education, physics, multimedia

## Aplicación del diseño centrado en usuarios en juegos educativos interactivos de museo

«Los videojuegos mejoran la experiencia de aprendizaje y optimizan la retención del conocimiento» (Ricci, Salas y Cannon-Bowers, 1996).

«Los videojuegos enseñan principios abstractos que generan habilidades para resolver problemas y aprendizaje de valores» (Papert, citado en Bogost, 2007: 239).

La sala «Ludió» del Museo Interactivo de Ciencias (MIC) es una exposición que muestra la física clásica en 46 módulos interactivos. Una sección de la sala tiene una demanda especial: el público hace fila para obtener un turno. Aquí los visitantes se sumergen en situaciones que les desafían a lograr retos abordando temas abstractos y difíciles que implican el uso de leyes de física, pero de una manera atractiva y amena a través de la computadora. Los juegos de computadora no tienen una gran acogida solamente en el museo. Según un estudio realizado por Fundación Telefónica en el año 2011, aproximadamente el **60% de los chicos ecuatorianos entre 6 y 18 años dicen entretenerse habitualmente con videojuegos o juegos de computadora** (Bringué y Sádaba, 2011: 166). Además, el mismo estudio enfatiza que el 30% de los chicos de 10 a 18 años prefiere los videojuegos a la televisión, porcentaje que aumenta a 46% en los niños de 6 a 9 años (247). ¿Qué está sucediendo? ¿Por qué se está desplazando a la «pantalla reina»? Thomas Malone, quien estudió la fascinación de los niños por los juegos en computador, dice que estos juegos «plantan retos, confieren al usuario una sensación de control, hacen que los niños sean curiosos, y permiten que el usuario cree tanto fantasías intrínsecas como extrínsecas» (1981: 335).

Los juegos interactivos tienen características relacionadas con teorías educativas que promueven la participación activa. Según las teorías de aprendizaje experiencial (*ELT Experience Learning Theory*), la enseñanza más poderosa viene de la práctica directa; al realizar una acción y observar sus consecuencias, se genera un proceso de reflexión donde *damos sentido* a la experiencia (Kolb, 1984). En este enfoque, el aprendizaje se concibe mejor como un proceso y no como un resultado. Piaget (1987) también se refiere al aprendizaje como un proceso de adaptación, en el que la experimentación es parte crucial. Contrastan con estas teorías los métodos educativos «tradicionales», en los cuales el aprendizaje es considerado como un proceso de recepción y memorización de información. Según investigaciones de la Unesco, «una parte considerable de los esfuerzos educativos aún continúa “orientada hacia la información”, donde los alumnos deben reproducir conocimiento en lugar de producir su propio conocimiento» (2004: 22).<sup>1</sup> En nuestro país, Bringué y Sádaba (2011) afirman que los hogares ecuatorianos con niños tienen mayor acceso a la tecnología (computadores e Internet) que el resto de hogares. La tecnología cambia la forma en que nos comunicamos con los demás y esto genera cambios profundos en la sociedad. Haciendo eco de Marshall McLuhan, «el medio es el mensaje» (citado en Wardrip y Montfort, 2003), el uso de un determinado medio a largo plazo es más importante que el contenido en sí mismo. Utilizar un nuevo medio genera cambios a nivel psicológico, social e incluso sensorial. Los cambios

---

1 Howard Gardner presenta casos en que los alumnos con este tipo de formación traen concepciones erróneas de las ciencias, por ejemplo, malentendidos en física. Describe casos de alumnos que han estudiado física en el colegio y que, a pesar de tener buenas evaluaciones dentro del aula, cuando se les realizan otro tipo de evaluaciones más prácticas, no son capaces de resolverlas y ofrecen explicaciones en desacuerdo con las leyes de movimiento y mecánica. Su física «ingenua» no se relacionaba con la física recibida en clases (1993: 160).

tecnológicos se hacen presentes en todos los aspectos de nuestra vida, y los niños que usan nuevas tecnologías modifican no solo la forma en que viven sino también aquella en que aprenden. Bogost (2007: ix) plantea que los videojuegos permiten un nuevo tipo de aprendizaje que surge de la acción misma de interactuar y que se desarrolla cuando los usuarios (jugadores) no solo leen, escuchan o ven mensajes persuasivos, sino también cuando completan una serie de pasos que les permiten un nuevo tipo de comprensión. A este concepto, Bogost lo llama «retórica procedural» porque *retórica* se refiere al «arte de persuadir» y *procedural* a «las representaciones basadas en reglas e interacciones». Este tipo de aprendizaje es generado en entornos multimedia donde los usuarios deben participar activamente, no solo entendiendo las reglas sino también aplicándolas para alcanzar objetivos determinados.

## Antecedentes

Los museos son espacios que comprometen a los visitantes, estimulan la comprensión y, lo más importante, hacen que asuman su propio aprendizaje futuro (Garner, 2007). Existe contundente evidencia de que particularmente las exhibiciones en ciencia refuerzan conocimientos previos de manera significativa y enriquecen la comprensión conceptual mediante el análisis en discusiones durante o después de la visita (Gammon y Kell, 2008). Durante el año 2010, el Museo Interactivo de Ciencias, institución que forma parte de la red de museos educativos del Distrito Metropolitano de Quito, inició el desarrollo de «Ludión», una exposición cuyo objetivo era tratar temas de física dirigidos a públicos de entre 9 y 12 años; en ese entonces, los menos atendidos con la oferta de exposiciones del museo pero que se registraban entre los principales visitantes. Al mismo tiempo, la exposición buscaba cubrir el vacío de

---

interactivos relacionados con la física. «Ludió» contaría con 46 interactivos, ocho de los cuales serían juegos en computadora que se presentarían en la sala en estaciones con pantallas táctiles y también desde el sitio web del museo, para su libre acceso a través de Internet. Entre los objetivos del MIC (2010: 2) está:

(...) disminuir la brecha —cada vez mayor— entre ciencia, científicos y sociedad, explicando cómo y por qué funcionan los instrumentos, aparatos y fenómenos de nuestra cotidianidad, y así pasar de una ciencia confinada a los círculos científicos (una élite) hacia una ciencia socializada, colectiva, democrática.

Existen varias consideraciones al crear juegos interactivos educativos. Según Tang y Hanneghan (2010), al desarrollar juegos interactivos educativos se debe tomar en cuenta que el contenido sea significativo, relevante, bien diseñado y basado en teorías pedagógicas para asegurar un aprendizaje constructivo. Debido a esto, el proceso de creación de un juego educativo tiene más etapas que un juego para entretenimiento. [Al igual que el proceso de creación de material pedagógico, el desarrollo de un juego educativo se basa en objetivos de aprendizaje.](#) Un juego educativo mide su éxito al equilibrar aprendizaje y diversión. Cuando se presentan muchos conceptos o contenidos educativos, el juego suele ser menos entretenido y, por ende, menos eficiente. Es difícil lograr este equilibrio, pues, si uno de los dos componentes falla, no se habrá construido una herramienta eficaz. Seymour Papert (2002) dice que un atractivo particular de los juegos por computador está en hacerlos divertidos y desafiantes, y plantea esta idea a través del concepto de *hard fun*. Si un juego es muy fácil y se logra superar en poco tiempo, no es cautivante para el usuario y termina por desmotivarlo. Este planteamiento concuerda con el

de Csikszentmihalyi (1991), quien dice que cuando el reto es mayor a las capacidades del usuario, se experimenta ansiedad y frustración; en cambio, cuando las habilidades del usuario son mayores al reto, se experimenta aburrimiento. Lograr el equilibrio entre diversión, aprendizaje y nivel de dificultad no es tarea fácil. Por esta razón, es importante probar los juegos con usuarios reales durante el proceso de desarrollo, para medir si los objetivos se están alcanzando y, si es necesario, afinar el juego o re-direccionar el proyecto.

El diseño centrado en el usuario es un enfoque que involucra a los participantes en todas las fases de diseño y desarrollo de un proyecto (Stone, Jarret, Woodroffe y Minocha, 2005). Se trabaja en un ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación que, según Shneiderman, Plaisant, Cohen y Jacobs (2010: 15), «clarifica el proceso de diseño, genera menos cambios durante la implementación y evita costos de actualización después del lanzamiento». En las primeras fases, por ejemplo, se utilizan prototipos del juego en papel. En las pruebas, se pide a los usuarios que interactúen como si fuese el juego final. **Es fácil detectar qué elementos funcionan o confunden, y se puede obtener retroalimentación de manera inmediata para optimizar la experiencia en una siguiente fase de desarrollo.** Además, como todo está en papel, es muy simple realizar cambios. Este método de pruebas e implementación produce interfaces robustas y alineadas a las necesidades de los usuarios. Según Hede y Hede (2002), para el diseño exitoso de un juego es crucial entender las habilidades y características de la audiencia. Sin embargo, pese al protagonismo que adquiere el usuario/jugador en este proceso, Marc Steen (2011) afirma que es importante balancear dos tensiones para lograr un mejor producto: las ideas y conocimientos del usuario, y las del desarrollador. El trabajo con modelos mentales es un buen ejemplo de cómo balancear estas tensiones.

Los modelos mentales son creados por las personas sobre sí mismas, sobre otros y sobre del entorno para facilitar la comprensión de situaciones desconocidas (Norman, 1990). Si una persona se enfrenta a un sistema que le es familiar, significa que lo está relacionando con experiencias o conocimientos previos.<sup>2</sup> En el diseño interactivo se busca alinear los modelos mentales de los usuarios con los de la interfaz a fin de reducir errores, tiempo de aprendizaje y frustración. Por esta razón, al diseñar proyectos educativos, se debe introducir modelos que sean lo más parecidos a los que tienen los usuarios en sus mentes. Así se facilita el uso del sistema y el aprendizaje que puede obtener del mismo. Otro aspecto que se debe considerar es la carga cognitiva generada en los usuarios. De acuerdo a Sweller (1994), la teoría de carga cognitiva «se enfoca en la interacción de la información y el trabajo de memoria el momento del aprendizaje», y además sugiere que «la carga cognitiva se tiene que mantener al mínimo para poder lograr un aprendizaje óptimo» (citado en Tang y Hanneghan, 2010). Si el material educativo presenta modelos mentales que no se ajustan a los del usuario, el proceso de aprendizaje será mucho más complejo. El participante deberá primero esforzarse por comprender y recordar las funciones de los modelos mentales representados, lo que le generará esfuerzo adicional que no le permitirá concentrarse completamente en los nuevos conceptos.

---

2 Un buen ejemplo de modelo mental es la interfaz de la computadora, la cual utiliza la metáfora del escritorio y ayuda a que entendamos de manera automática los elementos que contiene y su funcionamiento. Las carpetas sirven para organizar, clasificar y guardar archivos; el basurero sirve para eliminar material. Percibimos estas funciones ya que las relacionamos a los modelos mentales que tenemos de estos elementos en la vida diaria.



## Proceso de diseño

En la sala «Ludió», los juegos interactivos de física clásica son cuatro: *Conéctate al electromagnetismo*, *Fluye con la energía*, *Máquinas que facilitan tu vida* y *Muévete con la mecánica*. Los juegos están expuestos en ocho pantallas táctiles insertadas en módulos individuales que también disponen de audífonos. Se ingresa a los juegos a través de una pantalla de acceso global que permite elegir uno de los cuatro temas. Cada tema presenta tres o cuatro retos internos que responden a los objetivos de aprendizaje previamente definidos por el MIC.<sup>3</sup>

Para el desarrollo del proyecto, se conformó un equipo multidisciplinario de diseñadores gráficos e interactivos, animadores, programadores y especialistas en audio que se involucraron en las diversas fases de conceptualización, producción e implementación. Además, los especia-

---

### 3 Objetivos planteados por el MIC para cada juego.

#### Juego 1. Electromagnetismo:

- Que los usuarios reconozcan los principios básicos de la electricidad y el magnetismo, y su interrelación.
- Que los usuarios comprendan el funcionamiento de motores y generadores eléctricos.
- Que los usuarios entiendan el funcionamiento de algunos circuitos eléctricos simples.

#### Juego 2. Máquinas simples:

- Que los usuarios reconozcan las seis máquinas simples y aprendan nociones básicas sobre las mismas.

#### Juego 3. Mecánica clásica:

- Que los usuarios reconozcan las aplicaciones de las tres leyes de Newton a través de tres retos para cada una.

#### Juego 4. Energía:

- Que los usuarios reconozcan las transformaciones de la energía.
- Que los usuarios reconozcan que, para realizar un trabajo, se requiere energía dispuesta de una forma adecuada.

**Pruebas con usuarios.**

Pruebas del juego de Magnetismo con prototipos de papel en grupos focales.

Carrasco, A. (2013)  
[fotografías]

listas del área de Museología Educativa del museo ofrecieron el soporte teórico de los temas tratados. El objetivo fue aprovechar el recurso interactivo digital para presentar propuestas que no pudieran generarse con otros medios, ofreciendo al visitante una experiencia significativa de construcción de sentido, es decir, un aprendizaje vivencial. Se buscó utilizar elementos familiares al usuario, a fin de permitir que se identificara con los ambientes presentados y que se redujera el esfuerzo por comprender y explorar los entornos. Los juegos plantearon situaciones desafiantes donde los usuarios debían tomar decisiones, aplicando leyes de física, para solucionar problemas familiares como apagar un incendio, arreglar el circuito de un foco o parquear un vehículo en la zona establecida, entre otros. Se incorporaron diversos tipos de aprendizaje para facilitar la adquisición de conocimientos (Díaz y Hernández, 2010). Durante

el aprendizaje por recepción, situado al inicio, los usuarios recibían instrucciones con explicaciones sencillas de los conceptos planteados. En una segunda instancia, de aprendizaje por descubrimiento, los usuarios debían aplicar los conceptos aprendidos para resolver los juegos. En

algunos retos, el aprendizaje se apoyaba en la repetición porque los usuarios interactuaban con situaciones ligeramente diversas, con un aumento del nivel de dificultad que reforzaba los conceptos ya aprendidos. Como objetivo final se buscó que los procesos antes mencionados construyeran un aprendizaje significativo en que «el alumno relaciona de manera no arbitraria y sustancial la nueva información con los conocimientos y experiencias previas y familiares que ya posee en su estructura de conocimientos o cognitiva» (Díaz y Hernández, 2010: 32).

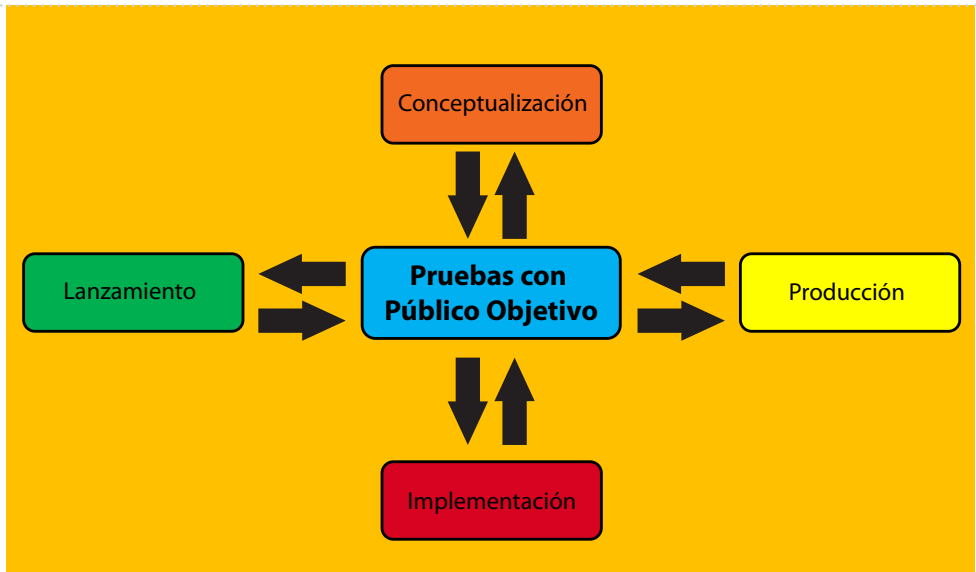
## Metodología

El estudio tuvo lugar en Quito, Ecuador, en las instalaciones del MIC. Se realizaron siete sesiones de pruebas con un total de 142 niños que visitaron el museo durante los fines de semana, y en grupos de escuela durante la semana. El reclutamiento



Pruebas de usabilidad con el juego de Mecánica clásica a través de prototipos de alto nivel en pantallas táctiles de laboratorios.

Carrasco, C. (2013) [fotografía]



Carrasco, R. (2013) [diagrama]

fue realizado por los mediadores de la institución, y la selección priorizó la edad del grupo objetivo y la equidad de participantes por género. Para contar con el tiempo necesario para las pruebas, a partir de la tercera sesión se entregó un pequeño estímulo que permitía a los usuarios ingresar de manera gratuita a las exposiciones del museo. De esta manera, se aseguró la obtención de los datos buscados. Según los requerimientos específicos de cada fase, las pruebas se desarrollaron tanto en laboratorios con computadoras como en salones desprovistos de ellas.

Debido a que la metodología de trabajo estuvo centrada en el usuario, las pruebas se realizaron desde la fase de conceptualización hasta el lanzamiento de cada uno de los juegos.

Se utilizó un modelo mixto que incluyó grupos focales, entrevistas estructuradas, observación directa e indirecta (con grabaciones en video de las interacciones de los niños). De esta manera, se recolectaron diversos tipos de datos que permitieron entender de modo más profundo la experiencia del usuario.

## Procedimiento

A los participantes se les ofreció una breve introducción sobre la actividad que se iba a desarrollar, tras registrar sus datos generales. Después se les pidió que interactuaran con el prototipo o juego, según la fase de desarrollo que se estaba probando. Se registraron la interacción y las preferencias de los usuarios, y al final se realizó una entrevista informal sobre preferencias y comentarios generales. Si los usuarios tuvieron alguna dificultad, se les pidió que explicaran los aspectos que no entendieron y, dependiendo de las características del problema, se solicitó que propusieran soluciones. La recolección de datos se realizó a través de formularios suministrados por el equipo de pruebas.

El investigador planificó los aspectos que evaluar en cada una de las fases de pruebas. La primera y la segun-



**Sesión de pruebas de laboratorio.** Equipo de pruebas observando y registrando la interacción de los usuarios con prototipos de alto nivel.

Carrasco, C. (2013) [fotografía]

---

da sesiones probaron aspectos conceptuales y propuestas gráficas de los cuatro temas. A partir de la tercera sesión, se probaron dos interactivos por reunión, porque los aspectos en estudio requerían de mayor tiempo. Para la última prueba se eligió uno de los 12 retos, y se probó la satisfacción y la interpretación activa por parte de los usuarios en ese reto específico.

La tabla de la siguiente página detalla los aspectos que se probaron en cada fase, los tiempos promedio por participante y las metodologías utilizadas.

## **Análisis de datos**

Los resultados de las pruebas fueron evaluados en cada etapa junto al equipo de Museología Educativa del MIC, con quienes se definían los cambios que implementar para responder a las necesidades de los participantes. Las decisiones buscaron mejorar la experiencia del usuario sin alterar los objetivos de aprendizaje de los juegos. Debido a limitaciones de espacio, y teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que fue recolectada para diseño, implementación y evaluación de los juegos, este artículo se enfocará en un tema de especial interés para quienes desarrollan juegos interactivos educativos: los modelos mentales.

## **Modelos mentales**

En la conceptualización del proyecto se propuso utilizar situaciones familiares para los niños, es decir, se plantearon retos o problemas cotidianos que debían solucionarse aplicando conocimientos básicos de física. Para evaluar estas propuestas se realizaron pruebas que medían los distintos parámetros de cada juego. Los resultados re-

**Detalle de pruebas de usuario**

Sesiones de pruebas	Aspectos que se probaron	Tiempo promedio	Método utilizado
Sesión 1: Prototipos de Bajo Nivel (papel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombres de los juegos</li> <li>• Personajes</li> <li>• Conceptos</li> <li>• Textos de diálogos de instrucciones</li> <li>• Entornos principales</li> </ul>	25 minutos por grupo	Grupos focales de tres niños. Observación indirecta
Sesión 2: Prototipos de Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz de navegación (cuatro juegos)</li> <li>• Textos de diálogos de instrucciones</li> <li>• Entornos principales</li> <li>• Acceso global a los juegos</li> </ul>	15 minutos por usuario	Observación directa y entrevistas
Sesión 3: Mecánica y Electromagnetismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usabilidad</li> <li>• Lectura de textos</li> <li>• Número de intentos</li> <li>• Tiempo de interacción</li> <li>• Rutas</li> <li>• Tasa de satisfacción</li> <li>• Juego preferido</li> <li>• Tipo de navegación preferida (lineal o no lineal)</li> </ul>	30 minutos por usuario	Observación directa y entrevistas
Sesión 4: Energía y Máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usabilidad</li> <li>• Lectura de textos</li> <li>• Número de intentos</li> <li>• Tiempo de interacción</li> <li>• Rutas</li> <li>• Tasa de satisfacción</li> <li>• Juego preferido</li> <li>• Tipo de navegación preferida (lineal o no lineal)</li> </ul>	30 minutos por usuario	Observación directa y entrevistas
Sesión 5: Mecánica y Electromagnetismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de usabilidad</li> </ul>	40 minutos por usuario	Observación directa y entrevistas
Sesión 6: Energía y Máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de usabilidad</li> </ul>	40 minutos por usuario	Observación directa y entrevistas
Sesión 7: Reto Inercia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación activa</li> <li>• Tasa de satisfacción</li> </ul>	30 minutos por usuario	Encuesta antes y después del juego

lacionados a los modelos mentales resultaron especialmente interesantes. En las pruebas de las fases iniciales de desarrollo de los juegos, se detectó cómo los modelos mentales causaron confusiones y dificultades en la comprensión de textos de instrucciones, en los elementos gráficos y en las formas de interacción. Estos son algunos de los casos más destacables.

En este ejemplo, que buscaba introducir el concepto de plano inclinado para el juego de máquinas simples, el modelo mental al que el texto se refería no era claro para los participantes. La mayoría de entrevistados (10 de 14) encontraron confusa la instrucción, y al preguntarles por qué no la entendían, se detectó que ciertas palabras clave no les resultaban claras. A continuación se detalla la respuesta de Rosa, que fue representativa:

**Investigador:** Arma una rampa con estos objetos para que los bloques se deslicen antes de que el estante se rompa.

**Rosa:** No entiendo lo que tengo que hacer.

**Investigador:** Tienes que lograr que los bloques bajen por la rampa.

**Rosa:** ¿Como una resbaladera?

**Investigador:** ¡Sí! ¡Para que los bloques bajen en una resbaladera!

En su respuesta, Rosa utilizó la palabra *resbaladera* como su modelo mental de plano inclinado. Es un concepto que le permite entender de manera cotidiana y familiar la función de esta máquina simple, y en pruebas posteriores se incorporó la referencia a la resbaladera. La instrucción resultó más clara, los usuarios no debían recordar la instrucción completa con detalle porque la





**Instrucción modificada del reto de plano inclinado (juego máquinas simples).**

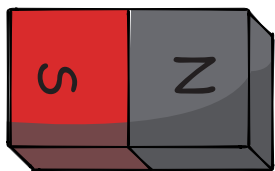
El globo de texto del juego con la instrucción modificada.

Escobar, D. (2013) [imagen]

palabra *resbaladera* ilustraba lo que debían lograr y permitía reducir su carga cognitiva, facilitando su interacción con el juego. En las sesiones de observación se detectó que los estudiantes entendían la instrucción e intentaban construir una resbaladera para conseguir el objetivo.

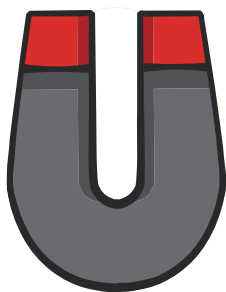
*¡Pon una tabla para que los bloques se resbalen desde la repisa hasta el piso!*

A través de la pruebas de usuario, se detectaron y corrigieron elementos gráficos confusos. Algunos de los modelos mentales implícitos en los juegos no se alineaban con los de los niños. Como dice Bogost, «la comunicación visual no puede simplemente adoptar las figuras y formas de la expresión oral o escrita; por lo tanto una nueva forma de retórica debe ser creada para acomodar a estas formas del medio» (2007: 21). Encontrar los elementos visuales adecuados es de suma importancia porque pueden significar el éxito del aprendizaje. En las pruebas de



**Elemento gráfico que inicialmente representaba un imán en el juego de imanes de electromagnetismo.**

Este gráfico no coincidió con el modelo mental de imán de los usuarios porque parecía un borrador.



**Elemento gráfico que se diseñó para responder al modelo mental de imán que propusieron los usuarios.** El gráfico de imán en forma de «u» se utilizó en el juego definitivo.

Escobar, D. (2013) [imagen]

usuario se destaca el caso de un elemento gráfico que representaba un imán y que los niños debían utilizar para resolver el reto del juego de electromagnetismo. La mayoría de participantes (12 de 15) tuvieron problemas identificando a este objeto como un imán. Cuando se les preguntó cómo debía ser un imán, respondieron que debía ser en forma de «u» y que el gráfico presentado parecía una goma de borrar; pese a que en una indagación informal del mercado no existen imanes en forma de «u» en los negocios comerciales del Distrito Metropolitano de Quito. Al preguntar a los niños dónde habían visto imanes en forma de «u», la mayoría no supo identificar la fuente, aunque un 40% hizo referencia a los programas de dibujos animados en televisión. *Si bien los imanes pueden tener varias formas, la representación visual más clara fue la de un objeto que en realidad nunca habían tocado, sino que habían visto por televisión.*

El gráfico del imán con forma rectangular, al asemejarse a un borrador en los modelos mentales de los usuarios, no era útil para este juego; y por esta razón, se lo reemplazó con el gráfico de imán en forma de «u».

En pruebas posteriores, en las que ya se había implementado el cambio, los usuarios no tuvieron problemas para identificar el imán. En este caso también se redujo la carga cognitiva ya que los niños no necesitaban recordar que lo que para ellos era un borrador realmente funcionaba como un imán.

Los modelos mentales también afectaron la forma de interacción de los usuarios. En el reto



---

de motores y generadores del juego de electromagnetismo, se pedía a los participantes que hicieran girar los molinos de viento para generar energía y encender una lámpara eléctrica. El modelo mental que tenían los niños de cómo hacer girar los molinos fue distinto al de los programadores, quienes desarrollaron un mecanismo similar al que experimentaban en la vida real si tenían un pequeño molino de viento que debían impulsar con la mano, generando impulsos recurrentes para que el molino girase con mayor velocidad.

A pesar de que la forma de interacción era la más parecida a la realidad, ninguno de los niños la aplicó. Los usuarios giraban su dedo, encima del molino, sin retirarlo de la pantalla. Debido a que el 93% de usuarios operaba de esta manera, se decidió modificar la forma de interacción aunque esta no respondiese a la forma de operación real de un molino. Es importante anotar que no se realizó ningún cambio visual en la pantalla para ilustrar la forma de interacción, y que el cambio fue solamente a nivel de código. Después de implementar el cambio, se pudo observar que el modelo mental coincidía con el del público objetivo, ya que todos los chicos que participaron en esta sesión de prueba (n=15) interactuaron de esta manera.


A lo largo de las pruebas de usuario, se detectaron varios problemas con los modelos mentales, ya fuera a nivel de textos de instrucciones, en los gráficos o en las formas de interacción. En este artículo se han presentado unos pocos ejemplos de los cambios realizados en los juegos. Sin embargo, se efectuaron decenas de cambios que, sin alterar los objetivos de aprendizaje, buscaron alinear los modelos mentales de los usuarios con los de los juegos.

## Resultados

El trabajo con los niños permitió construir juegos que respondieran mejor a las características y requerimientos de los usuarios (jugadores). Se generaron experiencias educativas más ricas, en las que los participantes realizaron sus propias interpretaciones, y con tasas de satisfacción más altas.

Los juegos interactivos educativos de computadora desarrollados para la sala «Ludión» buscaron que los niños fueran interpretadores activos. Se responde así a los objetivos del museo: «El MIC contiene ambientes para explorar, tocar, experimentar, comprender, interpretar y familiarizarse con la ciencia. Permite un protagonismo real de las personas» (MIC, 2010: 1). Caulton (1998) afirma que los niños deberían interpretar por sí mismos la cultura material y no de manera pasiva y sin voz, como frecuentemente sucede en los museos (citado en Hall y Bannon, 2006).

Para evaluar la interpretación activa se seleccionó el reto de inercia del juego *Muévete con la mecánica*. Se realizaron encuestas individuales a los niños antes y después de su interacción con el juego. En las realizadas antes del juego se detectó que los participantes daban respuestas vagas, no científicas, y que confundían los conceptos. Después de interactuar con el juego volvieron a llenar la encuesta; se les preguntó sobre lo que habían entendido del juego y si lo podían relacionar con experiencias cotidianas. Un 64% utilizó conocimientos y términos más precisos, un 24% escribió una explicación personal, con sus propias palabras y puntos de vista, y solo un 12% no pudo mencionar conceptos ni explicaciones relacionadas al juego. Esto demuestra que la mayoría de participantes fue capaz de relacionar la información de los juegos con aquella existente en su estructura de conocimientos y proveniente de sus experiencias con el

A photograph showing children in a museum or educational setting. In the foreground, a young boy is wearing headphones and looking at a computer monitor. He is sitting at a white interactive station. In the background, another child is also wearing headphones and looking at a screen. The environment has green and white walls and other interactive stations.

Niños interactuando con el reto de inercia en los módulos definitivos de «Ludión»

Carrasco, A. (2013) [fotografía]

mundo real. Algunas de las respuestas más representativas de los chicos fueron:

**Carmen:** Cuando se choca un auto, las personas salen volando.

**Álvaro:** Si el carro se para, salgo volando.

Se puede concluir de estas respuestas que los niños pudieron explicar con sus propias palabras el fenómeno de la inercia y, sobre todo, que lograron exponer vivencias propias y no tomadas del exterior. Los usuarios realizaron conexiones entre las situaciones que experimentaron en los juegos y las que han vivido, lo que favorece a un aprendizaje significativo.

Como se afirmó anteriormente, una de las maneras de medir el éxito de un juego es que resulte cautivante para los usuarios. Hall y Bannon (2006: 233), en un estudio sobre el uso de interfaces interactivas para mejorar el aprendizaje de los niños en museos, afirman que el aprendizaje debería ser una experiencia agradable en que los usuarios estén motivados a participar. El 90% de los encuestados en esta fase (n = 40) dijo que volvería a jugar porque es una manera divertida

de aprender. Algunos de los encuestados afirmaron que de esta manera sí aprenden, que lo hacen más rápido, que no se aburren y que además podrían abordar al aprendizaje como un juego. Estas son algunas de las respuestas de los niños a las preguntas:

*¿Volverías a jugar? ¿Sí o no? ¿Por qué?*

**Niño 1:** Sí, porque sí aprendí.

**Niño 2:** Sí, porque aprendimos de una forma lúdica.

**Niño 3:** Sí, porque fue chévere y me enseña mucho.

**Niño 4:** Sí, porque no nos aburrimos.

**Niño 5:** Sí, porque nos hace pensar en qué debemos hacer.

**Niño 6:** Sí, porque es más rápido aprender y más divertido.

**Niño 7:** Sí, porque es una manera divertida de aprender.

**Niño 8:** Sí, porque si uno aprende jugando, tal vez considera al aprendizaje como un juego.

## Conclusiones y recomendaciones

La investigación muestra cómo el trabajo con usuarios apoyó el desarrollo del proyecto para generar altas tasas de satisfacción e interpretación activa. Fue primordial construir juegos locales, creados específicamente para los niños a los que estaban destinados, con palabras, elemen-

---

tos, gráficos y situaciones que les resultaran amigables. Comprender las implicaciones de las diferencias culturales, la edad, el nivel educativo, económico y social, entre otros, permitió tomar decisiones para mejorar los juegos interactivos educativos. Es sumamente complejo predecir formas de comprensión, aprendizaje y comportamiento de diversos grupos. Por eso es importante trabajar con usuarios desde el proceso de creación, ya que los errores ayudan a construir y mejorar el producto, tomando en cuenta los requerimientos de los usuarios que surgen desde sus situaciones específicas.

También es importante anotar que los juegos interactivos no se pueden aplicar en todos los ámbitos y procesos pedagógicos. Como cualquier otro material educativo, estos deben ser utilizados respondiendo a las necesidades del público objetivo, a la malla curricular, y siempre de acuerdo a procesos de desarrollo pedagógico. Incluso si se piensa que un juego educativo interactivo es un medio eficaz para enseñar o poner en práctica algún concepto, el tipo de tecnología específica que se utilice debe responder a los objetivos de aprendizaje y a las necesidades de los usuarios.

En la fase de pruebas fue interesante observar que cuando, durante los retos, se presentaba algún error en la interacción, en los tiempos, en los gráficos o incluso en el sistema, los niños consideraban que el error era causado por ellos, pese a que se insistía en que se estaba evaluando a los programas y no a los participantes. Investigaciones futuras deberían buscar métodos que se enfoquen más en el juego interactivo. Se recomendaría utilizar métodos de observación indirecta para que los niños estén más relajados y se comporten de manera natural.

Se podría afirmar que los juegos fueron exitosos porque se logró que fueran a la vez divertidos y educativos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, aunque la



interpretación activa demostró que los participantes relacionaron los conceptos aprendidos con experiencias cotidianas, esto no significa que lograron una clarificación de las relaciones entre los conceptos. En otras palabras, aunque los resultados ofrecen indicadores de que los juegos apoyaron el proceso de aprendizaje significativo, este aprendizaje no solo ocurrió en el museo, sino que la experiencia fue parte de un proceso que, como dice Shuell (1990), ocurre en un continuo (citado en Díaz y Hernández, 2010).

Si, de acuerdo a los estudios citados, los niños ecuatorianos tienen acceso a la tecnología, y específicamente a los juegos, se debe aprovechar esta tendencia en beneficio de su aprendizaje y promover proyectos lúdicos educativos que les atraigan e interesen. Se debe también tener en cuenta que los niños que han crecido con la tecnología son usuarios que piensan de manera muy distinta a las generaciones anteriores, y que, por ende, necesitan nuevas formas de aprendizaje. **No se trata de pasar los métodos educativos tradicionales al entorno digital, sino de buscar formas de aprendizaje que surjan con los nuevos medios.** Como dice Seymour Papert (1980), el rol de la tecnología digital es ofrecer a los niños oportunidades más desafiantes que antes no eran posibles (citado en Wardrip y Montfort, 2003). Se abre así un mundo nuevo en donde es posible hacer visible lo invisible, en el cual todos somos descubridores. Los métodos tradicionales de educación se están transformando. Se debe construir productos interactivos educativos que aprovechen las características únicas del medio para poder lograr otro nivel de aprendizaje, un aprendizaje nuevo que responda a las necesidades y motivaciones de nuestros estudiantes.<sup>4</sup> **post(s).**

---

4 Este estudio fue realizado gracias al apoyo de la Fundación Museos de la Ciudad del Distrito Metropolitano de Quito, y específicamente gracias al Museo Interactivo de Ciencias. El desarrollo de los juegos y la investigación se realizaron desde 2010 hasta 2012.

---

## Referencias

BOGOST, I.

2007 *Persuasive Games: The Expressive Power of Videogames*. Boston, MA: MIT Press.

BRINGUÉ, X. y C. SÁDABA

2011 *La generación interactiva en Ecuador: niños y adolescentes ante las pantallas. Colección Fundación Telefónica*. Quito, Ecuador: Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. Disponible en línea en <http://es.scribd.com/doc/61621486/La-Generacion-Interactiva-en-Ecuador>

CAULTON, T.

1998 *Hands-On Exhibitions: Managing Interactive Museums and Science Centres*. Londres: Routledge.

CSIKSZENTMIHALYI, M.

1991 *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Nueva York: First Harper Perennial.

DÍAZ, F. y G. HERNÁNDEZ

2010 *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Tercera edición. México, D. F.: McGraw-Hill.

GAMMON, B. y E. KELL

2008 *The Impact of Science & Discovery Centres: A Review of Worldwide studies*. Londres: ECSITE UK. Disponible en línea en: <http://sciencecentres.org.uk/reports/downloads/impact-of-science-discovery-centres-review-of-worldwide-studies.pdf> Visitado: 10 de julio 2012.

GARDNER, H.

1993 *La mente no escolarizada: cómo piensan los niños y cómo deberían enseñar las escuelas*. Barcelona: Paidós.

GARNER, B.

2007 *Getting to "Got it!": Helping Struggling Students Learn How to Learn*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

HALL, T. y L. BANNON

2006 «Designing ubiquitous computing to enhance children's learning in museums». En *Journal of Computer Assisted Learning*. No. 2: 231-243.

HEDE. T. y A. HEDE

2002 «Multimedia effects on learning: Design implications of an integrated model». En *Proceedings Australian Society for Educational Technology Conference 2002, Melbourne*. Disponible en línea en: <http://www.ascilite.org.au/aset-archives/confs/2002/hede-t.html>. Visitado el 25 de octubre de 2013.

KOLB, D.

1984 *Experiential Learning: Experience as a Source of Learning and Development*. Londres: Prentice-Hall.

MALONE, T.W.

1981 «Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction». En *Cognitive Science*. No. 4: 333-369.

MONTERO, F., V. LÓPEZ, M. LOZANO, A. FERNÁNDEZ y P. GONZÁLEZ

2000 *Virtual-PRISMAKER: Juegos de ordenador, educación e interfaces*. Albacete: Universidad de Castilla-La Mancha. Disponible en línea en: [http://www.i3a.uclm.es/louise/nais/investigacion/publicaciones/congresos\\_2000/INTERACCION2000-virtualprismaker.pdf](http://www.i3a.uclm.es/louise/nais/investigacion/publicaciones/congresos_2000/INTERACCION2000-virtualprismaker.pdf)

MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIAS (MIC)

2010 «Términos de referencia para la contratación de cuatro juegos interactivos educativos multimedia para la exposición "Explora" del Museo Interactivo de Ciencia». Quito.

NORMAN, D.

1990 *The Design of Everyday Things*. Nueva York: Doubleday.

PAPERT, S.

2002 *Hard Fun*. Disponible en línea en: <http://www.papert.org/articles/HardFun.html>

1980 «From *Mindstorms*». En N. Wardrip y N. Montfort. *The New Media Reader*. Londres: MIT Press.

PIAGET, J.

1987 *Psicología y Pedagogía*. Octava edición. Barcelona: Editorial Ariel.

RICCI, K.E., E. SALAS y J. A. CANNON-BOWERS

1996 «Do computer-based games facilitate knowledge acquisition and retention?». En *Military Psychology*. Vol. 8, No. 4: 295-307.

SEDIGHIAN, K. y SEDIGHIAN, A.S.

1996 «Can Educational Computer Games Help Educators Learn About the Psychology of Learning Mathematics in Children?».

SHNEIDERMAN, B., C. PLAISANT, M. COHEN y S. JACOBS

2010 *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Quinta edición. Boston: Addison Wesley, Pearson.

SHUELL, T.

1990 *Phases of Meaningful Learning*.

STEEN, M.

2011 «Tensions in human-Centred Design». En *CoDesign*. Vol. 7, No. 1: 45-60.

STONE, D., C. JARRET, M. WODROFFE y S. MINOCHA

2005 *User Interface Design and Evaluation*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.

SWELLER, J.

1994 *Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design*.

TANG, S. y M. HANNEGHAN

2010 «Designing Educational Games: A Pedagogical Approach». En P. Zemliansky y D. Wilcox. *Design and Implementation of Educational Games: Theoretical and Practical Perspectives*. Nueva York: Information Science Reference.

UNESCO

2004 *Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente*. Disponible en línea en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129533s.pdf>

URAM, C., D. WILCOX y J. THALL

2010 «Games and Simulations in Training: Factors to Consider When Designing for Adult Learners». En P. Zemliansky y D. Wilcox. *Design and Implementation of Educational Games: Theoretical and Practical Perspectives*. New York, Information Science Reference: 1-16.

WARDRIP, N. y N. MONTFORT

2003 *The New Media Reader*. Londres: MIT Press.