


Usability evaluation of an application augmented reality for children

Claudia Paola Payalich-Quispe
Universidad Nacional de San Agustín
Arequipa, Perú
claitap@gmail.com

Yuliana Apaza
Universidad Nacional de San Agustín
Arequipa, Perú
yuliana.apaza94@gmail.com 

Carlo Corrales-Delgado
Universidad Nacional de San Agustín
Arequipa, Perú
ccorrales@unsa.edu.pe

Alfredo Paz-Valderrama
Universidad Nacional de San Agustín
Arequipa, Perú
apazv@unsa.edu.pe

Resumen—This study demonstrates the application of usability evaluation methods taking into account the characteristics of augmented reality. A usability assessment has been carried out for the ZooKids application: Zoology teaching aimed at children from 5 to 6 years old using augmented reality. We validate usability using our new proposed heuristics based on Nielsen and the ISO 9241-11 standard.

In both cases, we were able to identify key problems in the application design. Finally, we can affirm that our proposed heuristics offers an evaluation improvement of 31 % compared to traditional heuristics that present certain limitations when applied to a specific domain such as augmented reality. Likewise, the evaluation carried out according to ISO 9241-11 match our results obtained with the evaluation carried out by the heuristics.

Index Terms—usability, augmented reality, mobile application

I. INTRODUCCIÓN

La aceptación o éxito de la realidad aumentada (RA) así como de otros productos depende de la aceptación final por parte de los usuarios. Por lo tanto un área que ha quedado algo limitada respecto al crecimiento del uso de la RA es la usabilidad. Se entiende por usabilidad el grado en el que los usuarios interactúan con una aplicación de manera eficaz, eficiente y fácil de aprender; es por eso que es necesario aplicar a la RA los principios de usabilidad relacionados para garantizar la facilidad de uso, aprendizaje y proporcionar experiencias a los usuarios que satisfagan sus expectativas; más aún, si estas aplicaciones están dirigidas para estudiantes que buscan aprender como jugando.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar que si bien los métodos tradicionales de evaluación de usabilidad pueden descubrir algunos problemas con las aplicaciones de RA, ninguno de los métodos actuales realmente satisface las necesidades específicas de dichos sistemas [1]. Diversos autores mostraron una descripción general de los métodos que se han utilizado para evaluar las aplicaciones de RA,

generalmente la evaluación es para una aplicación específica de RA [2]–[4].

Es así que se propone hacer uso de dos de los métodos de evaluación de usabilidad: Métodos de inspección y métodos de prueba. Dentro de los métodos de inspección se consideró la evaluación de usabilidad de acuerdo a heurísticas planteadas específicas para la RA basadas en las heurísticas de Nielsen [5] y fue validado siguiendo la metodología planteada por Rusu [6]. Respecto a los métodos de prueba se consideró las medidas de rendimiento de las características que debe presentar la usabilidad según el estándar ISO 9241-11, la definición de usabilidad en ISO 9241-11 es: “Grado en que los usuarios de productos pueden trabajar de manera efectiva, eficiente y con satisfacción”.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: la Sección II presenta investigaciones previas relacionadas al área, la Sección III presenta la metodología usada para obtener los criterios de evaluación de usabilidad de una aplicación de RA, la Sección IV presenta el desarrollo de las pruebas, resultados y discusiones de la metodología aplicada y finalmente la Sección V concluye la investigación y propone recomendaciones.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Los investigadores en campos de interfaz emergentes como Realidad Virtual (RV) o RA no pueden confiar únicamente en las pautas de diseño para las interfaces de usuario tradicionales, ya que las nuevas interfaces permiten nuevas formas de interacción [3], [7].

Actualmente existen diversas fuentes que muestran información de evaluación de usabilidad de distintos software, ayudando en la recepción y aceptación por parte del usuario, pero este estudio viene marcado por las pautas de evaluación de métodos y técnicas tradicionales, desarrolladas para software de escritorio o web. Sin embargo, son pocos los sistemas de RA enfocadas en el aprendizaje que han considerado desde etapas tempranas el concepto de usabilidad [4], [7]–[10]. En la Ingeniería de Software se ha demostrado que mientras mas

tarde del ciclo de vida de desarrollo se descubra un error, más caro es arreglar dicho error.

En el ámbito de la educación, se ha demostrado que la RA tiene beneficios medibles sobre los enfoques tradicionales. Se ha argumentado que la RA puede reemplazar a los manipuladores físicos en las aulas, y organizaciones educativas comienzan a investigar el uso de la RA para la educación de los niños. Para lograr estos beneficios, las experiencias de RA deben diseñarse adecuadamente para los niños pequeños. Las investigaciones anteriores sobre el diseño de la tecnología para niños han subrayado la importancia del diseño apropiado para la edad. Sin embargo, hay una falta de comprensión sistemática de cómo diseñar experiencias de RA para los niños en la comunidad de diseño de RA. Es probable que las pautas existentes desarrolladas en medios no RA, como para entornos de PC de escritorio, tengan una aplicabilidad limitada a RA, debido a las diferencias entre medios RA y no RA [10].

Rusu [6] demuestra que es posible aplicar evaluaciones de usabilidad a tecnologías emergentes y propone a los evaluadores crear nuevas heurísticas de usabilidad para cada área específica. Como ejemplo práctico, crea nuevas heurísticas para evaluar aplicaciones de computación GRID, así como para el televisor interactivo digital (iTV). De este modo, siguiendo la metodología de [6] podemos aplicarlo en el área de RA.

III. METODOLOGÍA

En esta sección se presentará dos formas de evaluar la usabilidad a través de heurísticas y según la ISO 9241-11 a la aplicación ZooKids descrita en el apéndice A. Se consideró la evaluación de usabilidad según las Heurísticas de Nielsen, en contraste con la realización de una propuesta de Heurísticas dirigidas a evaluar la usabilidad de las aplicaciones de RA. Respecto a los métodos de prueba se consideró las medidas de rendimiento de las características que debe presentar la usabilidad según la ISO 9241-11.

III-A. Evaluación Heurística

A partir de las heurísticas de Nielsen y luego de realizar las etapas de la metodología de Rusu [6], se obtuvo las heurísticas propuestas en la Tabla I. El apéndice B describe detalladamente cada heurística propuesta.

A continuación, se realiza la etapa de validación de la metodología de [6], que consiste en:

1. Evaluar la aplicación por dos grupos de evaluadores, de experiencia similar en igualdad de condiciones.
2. Un grupo utiliza el conjunto de heurísticas de Nielsen, mientras que el segundo utiliza el conjunto de heurísticas propuestas.
3. Posteriormente, se realiza la comparación de los problemas encontrados por los dos grupos.
4. Se identificarán los problemas de acuerdo a las siguientes categorías:
 - **P1:** Problemas identificados por ambos grupos de evaluadores

Cuadro I
MAPEO DE HEURÍSTICAS DE NIELSEN Y HEURÍSTICAS PROPUESTAS

Heurísticas de Nielsen	Heurísticas Propuestas
HN1: Visibilidad del estado del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA1: Confianza ■ HRA2: Amigabilidad ■ HRA3: Visibilidad del estado del sistema
HN2: Relación entre el sistema y el mundo real	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA4: Familiaridad ■ HRA5: Claridad
HN3: Control y libertad del usuario	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA6: Accesibilidad ■ HRA7: Interactividad ■ HRA8: Control de Usuario ■ HRA9: Navegabilidad
HN4: Consistencia y estándares	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA10: Consistencia y estándares
HN5: Prevención de errores	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA11: Prevención de errores
HN6: Reconocer mejor que recordar	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA12: Minimizar la carga de memoria ■ HRA13: Visibilidad
HN7: Flexibilidad y eficacia de uso	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA14: Flexibilidad ■ HRA15: Eficacia de uso
HN8: Diseño estético y minimalista	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA16: Minimizar información irrelevante
HN9: Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA17: Facilidad de Uso
HN10: Documentación de ayuda	<ul style="list-style-type: none"> ■ HRA18: Ayuda y documentación

- **P2:** Problemas identificados sólo por el grupo que utilizó las heurísticas propuestas
- **P3:** Problemas identificados sólo por el grupo que utilizó las heurísticas de Nielsen.

Es posible afirmar que las heurísticas propuestas están bien cuando:

- P2 incluye el mayor número en porcentaje de problemas de usabilidad.
- P1 + P2 incluyen el mayor número de problemas de usabilidad.

III-B. Evaluación según el estándar ISO 9241-11

Consiste en evaluar los 3 aspectos de usabilidad de acuerdo al ISO 9241-11: Efectividad, eficiencia y satisfacción. A continuación, se escogen métricas para evaluar cada aspecto de usabilidad y se adapta a la aplicación ZooKids.

Se valida específicamente el nivel 1 de la sección “Día Viernes” de la aplicación ZooKids. Para esto se realiza la captura de varios eventos de interacción del usuario con la aplicación.

III-B1. Efectividad: Se mide por la tasa de tareas finalizadas y la tasa de errores en las tareas. La tarea que el usuario

debe realizar es: Seleccionar un animal de la lista y arrastrarlo hasta su habitat natural. Para ello, contamos la cantidad de usuarios (niños de 5 años) que:

- Completaron la tarea sin errores cognitivos
- Completaron la tarea con errores cognitivos
- No pudieron completar la tarea

III-B2. Eficiencia: Se mide con el tiempo de completitud de la tarea propuesta anteriormente y sólo se tuvo en cuenta a aquellos usuarios que lograron completar la tarea. Para medir la eficiencia de tiempo en la realización de la tarea, se contó la cantidad de usuarios que superaron el tiempo promedio para poder terminar la tarea.

III-B3. Satisfacción: Se mide con la sensación que tiene el usuario luego de usar la aplicación ZooKids. Para ello se aplicó el cuestionario SUS [11] que otorga una calificación del 0 al 100, donde productos con una puntuación menor a 50 son considerados como inaceptables y se tendrán con seguridad problemas de usabilidad [12].

IV. RESULTADOS

La evaluación heurística se llevo a cabo mediante un recorrido cognitivo en un ambiente controlado, donde el evaluador tuvo el control total de la asignación de las tareas, variables a tratar y la manipulación de las mismas junto al usuario.

El evaluador ingresa a ZooKids dividida en 5 sub-aplicaciones respecto a un día en la semana (Lunes-Martes-Miércoles-Jueves-Viernes) junto al usuario (niños de 5 años) y tiene que cumplir diferentes tareas que presenta la aplicación (ver Apéndice Sección A).

Se definen las tareas con exactitud para poder evaluar el conjunto de heurísticas de Nielsen contra el conjunto de heurísticas propuestas, según los problemas de usabilidad encontrados en ambas evaluaciones.

IV-A. Evaluación basada en las heurísticas de Nielsen

A continuación se muestran los resultados de la experiencia. En el gráfico circular Figura 1 así como en la Tabla II,

Cuadro II
HEURÍSTICAS INCUMPLIDAS DE NIELSEN

Código	Nro Problemas	Código	Nro Problemas
HN1	2	HN6	1
HN2	0	HN7	1
HN3	0	HN8	1
HN4	0	HN9	1
HN5	2	HN10	2

se observa el numero de problemas encontrados según cada heurística de Nielsen, mostrando que el mayor porcentaje de problemas (20 %) se asocia específicamente a 3 heurísticas: HN1-Visibilidad del Estado del Sistema, HN5-Prevención de errores, HN10-Documentación de ayuda.

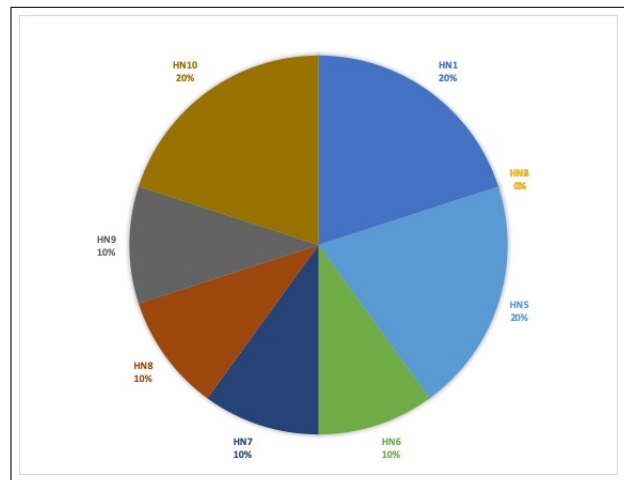


Figura 1. Cantidad de problemas encontrados según Heurísticas de Nielsen

IV-B. Evaluación según Heurísticas Propuestas

Se identifican las mismas tareas de la evaluación de Heurísticas de Nielsen, con el objetivo de identificar los problemas de usabilidad potenciales. Ver Apéndice A. Se presenta a continuación el listado del número de problemas asociados a cada heurística:

Cuadro III
HEURÍSTICAS PROPUESTAS INCUMPLIDAS

Código	Nro Problemas	Código	Nro Problemas
HRA1	3	HRA10	1
HRA2	3	HRA11	5
HRA3	0	HRA12	0
HRA4	2	HRA13	0
HRA5	0	HRA14	2
HRA6	0	HRA15	3
HRA7	2	HRA16	0
HRA8	1	HRA17	2
HRA9	4	HRA18	4

En el gráfico circular 2, se observa la cantidad de problemas encontrados por cada heurística propuesta, se observa que el mayor porcentaje de problemas (13 % y 16 %) se asocia específicamente a 3 heurísticas: HRA9-Control de usuario, HRA18-Ayuda y documentación, HRA11-Prevención de errores respectivamente.

IV-C. Análisis Comparativo de los resultados

A continuación se detallara los resultados obtenidos de las evaluaciones heurísticas realizadas: De manera gráfica se tiene: En el gráfico circular 3 se observa que un 34 % representa los problemas identificados en ambos grupos de heurísticas, un 50 % los problemas identificados según las Heurísticas propuestas y un 16 % los problemas reconocidos según las heurísticas de Nielsen. Para poder comparar los resultados usando cada conjunto de heurísticas, se utilizó el mapeo de

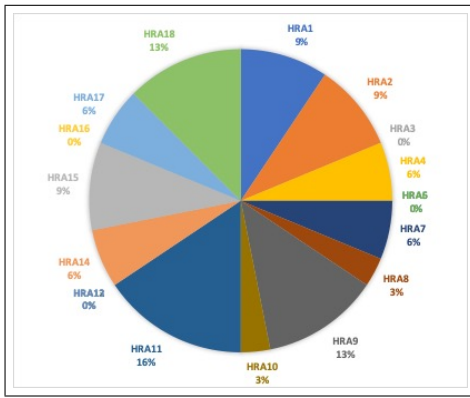


Figura 2. Cantidad de problemas encontrados según Heurísticas de Nielsen

Cuadro IV
PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR CATEGORÍAS

ID	Descripción	Porcentaje
P1	Problemas identificados por ambos grupos de heurísticas	34 %
P2	Problemas identificados usando heurísticas Propuestas	50 %
P3	Problemas identificados usando heurísticas de Nielsen	16 %

heurísticas presentado en la I. La comparativa se presenta en la figura 4.

De la figura 4 se puede observar que el conjunto de Heurísticas propuestas encontró mayor cantidad de problemas de usabilidad en la aplicación ZooKids, que haciendo uso de las heurísticas tradicionales de Nielsen. Además se observa que la evaluación con heurísticas propuestas encontró:

- Problemas respecto a HN2: Relación entre el sistema y el mundo Real asociadas a las HRA4 y HRA5: Familiaridad y Claridad respectivamente.
- Problemas respecto a HN3:Control y Libertad de Usuario asociadas a las HRA6, HRA7, HRA8, HNA9: Accesibilidad, Navegabilidad, Interactividad, Control de usuario respectivamente.

Características que no son enfocadas o dirigidas por las heurísticas actuales, propias de una aplicación de realidad aumentada. Se plantea dar soluciones a los diversos problemas

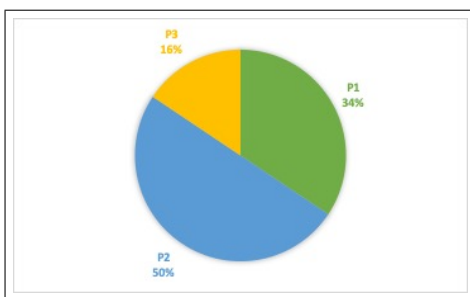


Figura 3. Porcentaje de Problemas encontrados por evaluación Heurística

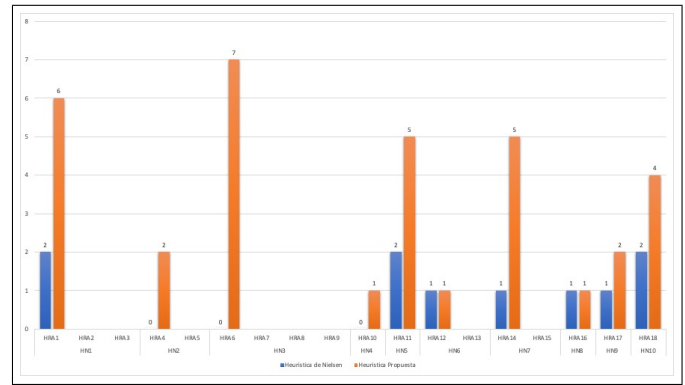


Figura 4. Comparación de la cantidad de problemas encontrados

encontrados en trabajos futuros.

IV-D. Evaluación según ISO 9241-11

Consiste en evaluar los 3 aspectos de la usabilidad de acuerdo al ISO 9241-11: Efectividad, eficiencia y satisfacción. La evaluación se realizó con la aplicación Zookids-Viernes (Específicamente se desarrolló la sección para capturar eventos)

IV-D1. Efectividad: Se tomó una muestra de 141 tareas de los datos recolectados de capturas de eventos del touch de la aplicación.

Los resultados se muestran a continuación: En el gráfico 5,

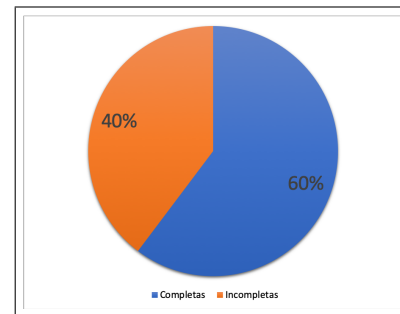


Figura 5. Porcentaje de tareas completadas

se observa que el 60 % del total de tareas fueron completadas satisfactoriamente, mientras que el 40 % no logró completar la tarea, debido a problemas cognitivos del usuario respecto a los animales o problemas de interactividad.

Para conocer la efectividad como una característica de la evaluación de usabilidad de la aplicación, se consideró el porcentaje total de tareas completadas con o sin errores cognitivos relacionado a animales. En el gráfico 6 se observa que un 91 % representa el total de tareas completadas con o sin errores cognitivos, mientras un 9 % representa las tareas que no alcanzaron el objetivo. Comparando el resultado con la gráfica 5, un 31 % representa tareas completadas con errores cognitivos.

Según la evaluación de esta característica propia de Usabilidad, se observa el alto porcentaje de tareas completadas por

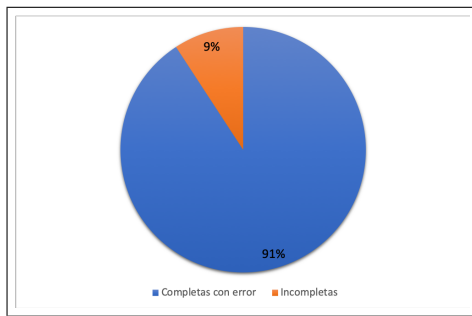


Figura 6. Porcentaje de tareas completas con errores

lo tanto se puede afirmar que la aplicación Zookids cumple con este aspecto propia de una evaluación de Usabilidad en 91 %.

IV-D2. Eficiencia: Del tamaño de la muestra que fueron 141 tareas, solo se considero el tiempo de 128 tareas que fueron completadas. En el gráfico 7, se observa el tiempo de realización de cada tarea; el tiempo promedio oscila entre 0 segundos hasta 5 segundos, considerando el pico mas alto con 23 segundos y el pico mas bajo 0 segundos (Tómese en cuenta que la unidad de medida fue el segundo). En el gráfico

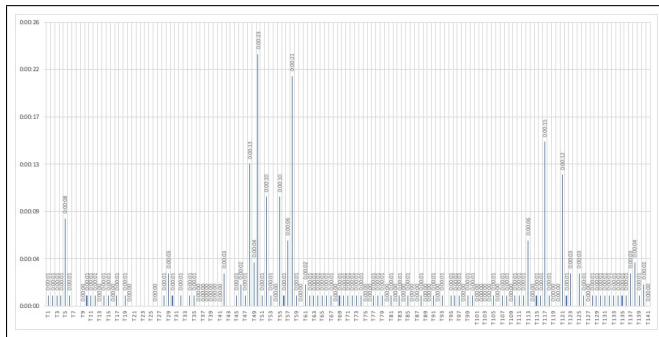


Figura 7. Tiempo de realización de las tareas

8 se observa que las tareas completadas dentro del tiempo promedio de 5 segundos representan un 91 %, siendo un total de 116 tareas. Mientras que el 9 % restante representa un total de 12 tareas que obtuvieron un tiempo de realización de la tarea mayor a 5 segundos.

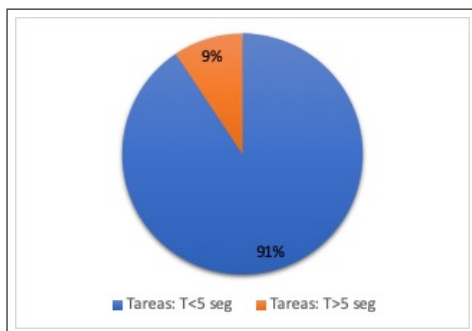


Figura 8. Porcentaje de tiempo de ejecución de una Tarea

Según la evaluación de esta característica propia de Usabilidad, se observa el alto porcentaje de tareas completadas dentro del tiempo promedio asignado, por lo tanto, se puede afirmar que la aplicación Zookids cumple con este aspecto propia de una evaluación de Usabilidad en un 91 %.

IV-D3. Satisfacción: A continuación se muestra las preguntas con sus respectivos promedios de puntuación según el sistema de escala de usabilidad (SUS), explicado anteriormente:

Cuadro V
RESULTADOS DE PREGUNTAS SUS

Nro	Preguntas SUS	Puntuación
1	Creo que usaría esta aplicación frecuentemente	4.5
2	Encuentro esta aplicación innecesariamente complejo	1
3	Creo que la aplicación fue fácil de usar	4.5
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta aplicación	3.5
5	Las funciones de esta aplicación están bien integradas	4
6	Creo que el aplicación es muy inconsistente	1.5
7	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este aplicación en forma muy rápida	5
8	Encuentro que la aplicación es muy difícil de usar	1.5
9	Me siento confiado al usar esta aplicación	4.5
10	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este aplicación	2

Según los resultados presentados en el cuadro V, el puntaje SUS obtenido es 69. Dado que el máximo teórico es 100, podemos deducir que la aplicación ZooKids cumple con este aspecto de la evaluación de Usabilidad.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Al finalizar esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se presentó un estudio sobre la evaluación de usabilidad de aplicaciones de RA, basándose en la ISO 9241-11 y las Heurísticas de Nielsen. La propuesta teórica de heurísticas replantea las heurísticas de Nielsen para medir la usabilidad de aplicaciones RA y fue validada de acuerdo al numero de problemas encontrados en ambas evaluaciones realizadas por 3 evaluadores del área.
2. Las heurísticas de Nielsen presentan limitaciones cuando son aplicadas a una aplicación de RA, observándose que la mayoría de problemas identificados corresponden a Visibilidad del estado del Sistema, Prevención de errores, control y libertad de Usuario. Por otro lado los errores encontrados con la heurística propuesta en su mayoría corresponden a Control de usuario, Prevención de errores y ayuda y documentación, destacando que la heurística de Interactividad presenta un 7 % de problemas respecto al total de problemas encontrados.

3. La propuesta de las dos formas de evaluación presentada en esta investigación proporciona una manera práctica de evaluar la usabilidad de aplicaciones de RA. Es así que se espera que la propuesta se convierta en parte del proceso de desarrollo de futuras aplicaciones de RA.
4. Durante la evaluación realizada en el desarrollo de las aplicaciones, se encontraron varios problemas de diseño incluyendo el uso de técnicas de RA en la aplicación. Cuando el usuario final de la aplicación son niños, es recomendable no usar marcadores para el reconocimiento de los elementos 3D, fue difícil mantener su atención en apuntar al marcador y la vez ver la imagen de reconocimiento. Debido a estas primeras pruebas, la aplicación ZooKids uso técnicas de navegación y selección. Por lo tanto, se concluye que para elegir las técnicas de interacción depende de los requisitos de la aplicación.
5. El entorno físico utilizado para la evaluación de usabilidad fue controlado. Las pruebas se realizaron dentro del aula de los niños de 5 años, luego ellos ejecutaron con la supervisión de los evaluadores las aplicaciones. Uno de los métodos usado fue la evaluación de Laboratorio lo cual permitió grabar las sesiones y discutir luego sobre lo observado, mejorando la especificación de los problemas encontrados por los evaluadores.
6. En el proceso de desarrollo y evaluación de la aplicación, es indispensable involucrar a los profesores en la elaboración de las actividades directamente relacionadas a las necesidades de los estudiantes, más aun si la aplicación esta dirigida para niños de 5 años.

Se proponen los siguientes trabajos futuros:

1. Es importante considerar las heurísticas incumplidas como Accesibilidad, Navegabilidad, Interactividad y control de usuario según las Heurísticas propuestas, para que sean atendidas y se mejore el desenvolvimiento del niño al interactuar con los objetos superpuestos en el mundo real en tamaño, evitando problemas espaciales y de ubicación en el entorno del niño.
2. Realizar pruebas más amplias usando la propuesta de evaluación presentada para evaluar nuevos contenidos virtuales y el uso de otro tipo de técnicas o sensores de interactividad 3D.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación es parte del proyecto IBA-0006-2017 "ZOODEX: Enciclopedia Interactiva para la Enseñanza de Conceptos Básicos de Zoología dirigido a estudiantes de Nivel Inicial usando Realidad Aumentada" y fue posible gracias al financiamiento otorgado por el programa UNSA Investiga de la Universidad Nacional de San Agustín. Agradecemos también al "Centro de Investigación, transferencia tecnológica y Desarrollo de Software I + D + i" - CiTeSoft - UNSA por su equipamiento y facilidades para el desarrollo de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] M. De Paiva Guimaraes and V. F. Martins, "A checklist to evaluate augmented reality applications," *Proceedings - 2014 16th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2014*, no. May, pp. 45–52, 2014.
- [2] A. Dünser and M. Billinghurst, "Evaluating Augmented Reality Systems," pp. 1–19, 2011.
- [3] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A Survey of Augmented Reality," *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, vol. 8, no. 2-3, pp. 73–272, 2015.
- [4] G. Koutromanos, A. Sofos, and L. Avraamidou, "The use of augmented reality games in education : a review of the literature," vol. 3987, no. January, 2016.
- [5] J. Nielsen, "The Usability Engineering Life Cycle," 1992.
- [6] C. Rusu and S. Roncagliolo, "A methodology to establish usability heuristics," *ACHI 2011, The Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, no. c, pp. 59–62, 2011.
- [7] V. Martins, L. Gomes, and M. Guimaraes, "Challenges and possibilities of use of augmented reality in education case study in music education," 06 2015.
- [8] J. L. Gabbard and J. E. S. II, "Usability Engineering for Augmented Reality : Employing User-Based Studies to Inform Design," vol. 14, no. 3, pp. 513–525, 2008.
- [9] M. M. O. da Silva, R. Roberto, and V. Teichrieb, "Evaluation of Augmented Reality Technology in the English Language Field," no. October, p. 577, 2015. [Online]. Available: <http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5318>
- [10] I. Radu, "Exploring the usability of augmented reality interaction techniques during children's early elementary-school years," Ph.D. dissertation, 2016.
- [11] J. Brooke, "SUS - A quick and dirty usability scale," *Usability evaluation in industry*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996.
- [12] A. Bangor, P. T. Kortum, and J. T. Miller, "An Empirical Evaluation of the System Usability Scale," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 24, no. 6, pp. 574–594, jul 2008.

APÉNDICE A

FUNCIONALIDADES DE LA APLICACIÓN ZOOKIDS

La aplicación ZooKids está diseñada para enseñar zoología a los niños en una semana, fue diseñada de acuerdo a la malla curricular propuesta para la educación de nivel inicial. Por tanto, el menú principal de la aplicación está acorde a los días de la semana (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves y Viernes) como muestra la Figura 9, y en cada día se enseña un tema con RA.

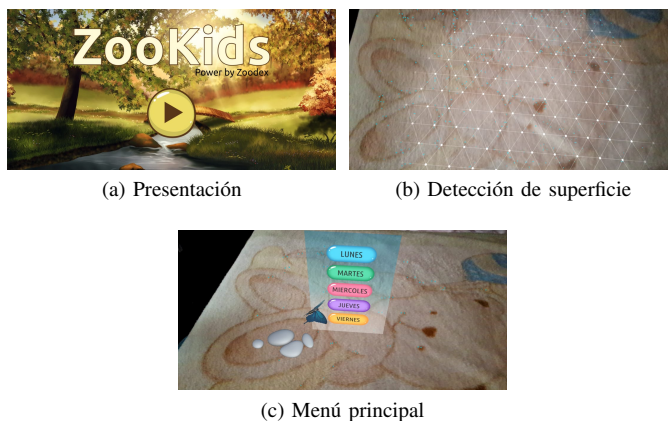


Figura 9. Interfaz de usuario inicial de ZooKids

A-A. Día Lunes

El niño observa cada animal que se encuentra en los 5 grupos de clasificación de la Figura 10, la aplicación permite ver en 3D y escuchar una descripción del animal seleccionado como se ve en la Figura 11.

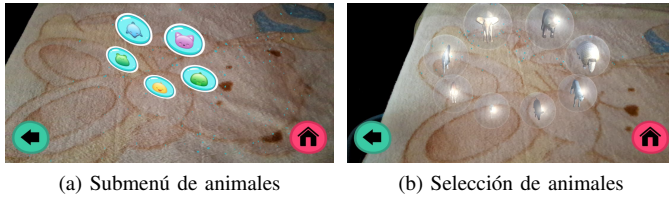


Figura 10. Categorización para seleccionar animales clasificados en 5 grupos para los días lunes, martes y miércoles



Figura 11. Lunes: Animal en RA sobre la superficie

A-B. Día Martes

Utiliza el mismo menú de clasificación de la Figura 10. El niño puede interactuar con cada animal mediante animaciones que muestran el comportamiento característico de cada uno, así como sus sonidos onomatopéyicos. La Figura 12 muestra un animal en movimiento y se escucha su voz natural.



Figura 12. Martes: Onomatopeya y movimientos de un animal en RA

A-C. Día Miércoles

Utiliza el mismo menú de clasificación de la Figura 10. El niño selecciona un animal y puede conocer el hábitat natural como se ve en la Figura 13.

A-D. Día Jueves

La Figura 14 muestra que el niño puede seleccionar un hábitat y observar un animal correspondiente a ese hábitat en tamaño real y proyectado en un monitor aparte, de modo que el niño se ve en el monitor inmerso y puede interactuar con seguridad en el hábitat.

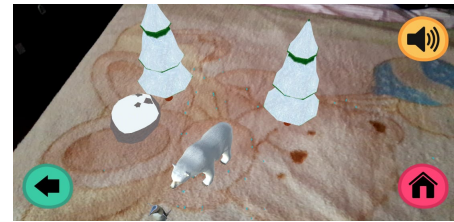


Figura 13. Miércoles: Animal en RA en su hábitat natural

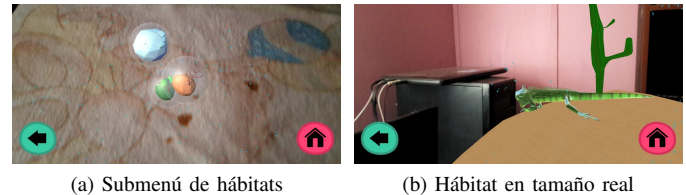


Figura 14. Jueves: Inmersión en el hábitat

A-E. Día Viernes

Se presenta un juego como lo muestra la Figura 15 donde el niño debe relacionar animales con su hábitat correspondiente y dependiendo de su nivel de comprensión se le muestra su puntuación en el juego.

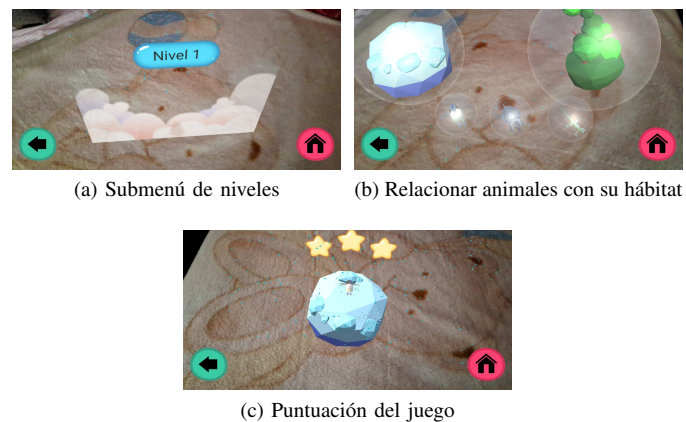


Figura 15. Viernes: Juego de hábitat y animales

APÉNDICE B

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS HEURÍSTICAS PROPUESTAS

Se presenta una breve especificación de las heurísticas propuestas para evaluar la usabilidad de una aplicación en RA.

1. **HRA1 - Confianza:** Heurística que describe la seguridad que el usuario debe sentir al interactuar con el sistema, alentándolo a continuar y generando en el ganas de interactuar con la aplicación.
2. **HRA2 - Amigabilidad:** Heurística que describe lo intuitivo y sencilla que es la aplicación a través de retroalimentación dentro de un tiempo razonable.

3. **HRA3 - Visibilidad del Estado del Sistema:** Heurística que describe la importancia de la información que recibe el usuario sobre el estado interno del sistema.
4. **HRA4 - Familiaridad:** Heurística que describe que la aplicación debe emplear elementos, frases y conceptos familiares para el usuario.
5. **HRA5 - Claridad:** Heurística que describe la importancia de hablar el lenguaje del usuario; debiendo contar con buenos principios de procesamiento de información infantil. Los objetos de RA deben ser reconocibles, comprensibles y constantes en el tiempo para el usuario.
6. **HRA6 - Accesibilidad:** Heurística que describe la capacidad de acceso que brinda la aplicación para que el usuario pueda dejar un estado no deseado sin tener que pasar por un dialogo extendido.
7. **HRA7 - Interactividad:** Heurística que describe si las técnicas de interacción son constantes en el tiempo y el desempeño de las mismas a través del tiempo.
8. **HRA8 - Navegabilidad:** Heurística que describe la facilidad con la que el usuario pueda interactuar con la aplicación desplazándose de un lugar a otro, sin perderse debido a que los objetos o herramientas de navegación se mantienen en una posición claramente definida.
9. **HRA9 - Control de usuario:** Heurística que describe si la aplicación da soporte par las acciones de deshacer y rehacer.
10. **HRA10 - Consistencia y Estándares:** Heurística que describe la importancia de mantener un diseño similar en toda la interfaz, generando así que el usuario no tenga que preguntarse si situaciones, palabras o acciones diferentes significan lo mismo.
11. **HRA11 - Prevención de errores:** Heurística que describe el buen diseño de la aplicación para que se anticipe y prevenga posibles errores.
12. **HRA12 - Minimizar la carga de memoria:** Heurística que describe la capacidad de la aplicación para que le usuario no tenga o no debería de recordar información de una parte del dialogo a otro.
13. **HRA13 - Visibilidad:** Heurística que mide la facilidad de algún acceso o herramienta de la aplicación de ser encontrado, para que el usuario no tenga que memorizar cosas innecesarias.
14. **HRA14 - Flexibilidad:** Heurística que mide si la aplicación esta diseñada para el uso de usuarios novatos como expertos. La aplicación debe proporcionar suficiente información para los usuarios novatos, sin proporcionar demasiada información para los usuarios expertos, por ejemplo mediante atajos.
15. **HRA15 - Eficacia de uso:** Heurística que mide si los objetos de aprendizaje de la aplicación se equilibra con múltiples formas de aprender.
16. **HRA16 - Minimizar información irrelevante:** Heurística que mide si la aplicación contribuye en brindar contenido que apoye las metas del usuario, evitando información irrelevante como la cantidad de objetos virtuales en la escena.
17. **HRA17 - Facilidad y eficiencia de Uso:** Heurística que mide la rapidez con que se pueden desarrollar las tareas de la aplicación, una vez que se ha aprendido a usar el sistema.
18. **HRA18 - Ayuda y documentación:** Heurística que mide la asistencia que brinda la aplicación al usuario para ser usada. El usuario debe ser capaz de localizar y ver con facilidad la ayuda del sistema.