

Prototype for a Mobile Collaborative Augmented Reality Application of the Game Checkers (Prototipo de Aplicación para Dispositivos Móviles del Juego de Damas Inglesas con Realidad Aumentada Colaborativa)

Jonathan Abraham Cortez Fernández, Alejandro Rangel Torres and Ivonne Haydee Robledo Portillo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chih., MEX
a1112323@alumnos.uacj.mx a1132207@alumnos.uacj.mx

Abstract. Currently, mobile devices enjoy great popularity and have increasingly better technological capabilities that enable them as adequate devices to run augmented reality applications and collaborative augmented reality applications as well; therefore, the development and use of this type of applications are growing. In recent decades, projects of this nature have been carried out in applications as diverse as: education, entertainment, medicine, mathematics, design, etc. The objective of this project is to develop a prototype of a mobile entertainment application for the checkers game using collaborative augmented reality in order to promote the development of videogames made with this technology and its use as a means of social interaction.

Resumen. Los dispositivos móviles en la actualidad gozan de una gran popularidad y cada vez cuentan con mejores capacidades tecnológicas que los habilitan como dispositivos adecuados para ejecutar aplicaciones de realidad aumentada y realidad aumentada colaborativa, por lo que el desarrollo y el uso de este tipo de aplicaciones van en aumento. En las últimas décadas, proyectos de este tipo se han realizado en aplicaciones tan diversas como: educación, entretenimiento, medicina, matemáticas, diseño, etc. El objetivo de este proyecto es desarrollar un prototipo de una aplicación móvil de entretenimiento del juego de damas inglesas con realidad aumentada colaborativa con el fin de promover e impulsar el desarrollo de videojuegos que usen esta tecnología y fomentar su uso como medio para la interacción social.

Keywords: Collaborative Augmented Reality, Videogames, Mobile Application.

1 Antecedentes

La realidad aumentada colaborativa ha sido aplicada en diversos ámbitos, a continuación, se mencionan algunos ejemplos.

Un ejemplo de una aplicación de videojuego desarrollada para dispositivos móviles con rastreo sin marcadores es *ARZombie* [1], un juego de zombis que utiliza técnicas de reconocimiento facial en lugar de marcadores para posicionar los elementos virtuales en la imagen del espacio real (ver figura 1). Tras su desarrollo y pruebas con usuarios, se comprueba que la realidad aumentada es una tecnología con gran potencial para incrementar el nivel de interacción, realismo e inmersión de los usuarios en el juego, quienes se sienten muy satisfechos con esta modalidad de juego.

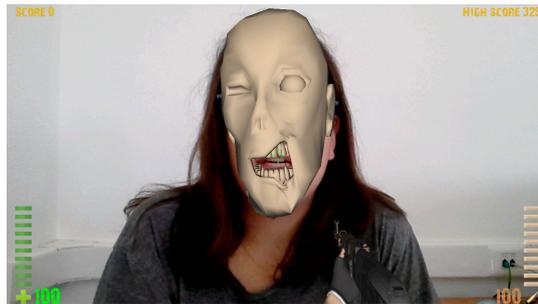


Figura 1. *ARZombie* en ejecución.

En el ámbito de los videojuegos también existen diversas aplicaciones, por ejemplo, en [2], se describe un sistema llamado *CheckMate* que combina técnicas de realidad aumentada colaborativa con impresión de objetos en 3D e interacción remota (ver figura 2). Se trata de un juego de ajedrez para el cual se imprimen en 3D las piezas del usuario y se posicionan sobre una tableta; de manera remota otro usuario también hace la misma operación y con la ayuda de dispositivos HMD (*head-mounted display*), cada usuario puede ver en realidad aumentada las piezas del otro usuario y los movimientos que éste haga se reflejan en su propia interfaz. Otro ejemplo se describe en [3], que es un sistema complejo de realidad aumentada colaborativa para jugar tenis de mesa entre dos usuarios. Cada uno lleva puesto un dispositivo HMD en la cabeza a través del cual puede ver la mesa de juego con realidad aumentada y lleva también una raqueta que responde a sus movimientos y simula la sensación del impacto de la pelota.



Figura 2. Usuario jugando *CheckMate*.

De acuerdo con [4], la realidad aumentada aplicada a videojuegos puede ser presentada a través de diferentes tecnologías de visualización, siendo las principales los dispositivos móviles y los dispositivos HMD. Los dispositivos HMD permiten visualizar la realidad aumentada con las manos libres, sin sostener ningún dispositivo y permitiendo una movilidad más natural; sin embargo, a los usuarios generalmente no les gusta llevar puestos estos dispositivos en la cabeza. Por otro lado, una gran parte de la población tiene acceso a dispositivos móviles; aunque el usuario tiene que sostener con las manos el dispositivo para poder utilizar una aplicación de este tipo.

En [5] se resalta que el uso de teléfonos móviles puede generar efectos adversos a la salud y entre mayor sea el tiempo que se le dedique puede resultar en síntomas como concentración y memoria alteradas, fatiga, insomnio, dolor de cabeza, problemas de audición, visión, entre otros. Según los resultados de un estudio sobre el daño que causan los dispositivos con pantallas de alta resolución [6], el usarlo por una hora continua aumenta el nivel de cansancio, dolor, irritación y temperatura en los ojos de los usuarios y prolongarlo podría llevar a problemas de salud y enfermedades.

La investigación de estos proyectos y estudios sirve de base para la elección de las herramientas tecnológicas, metodología y enfoques para el diseño y desarrollo de la aplicación.

2 Planteamiento del Problema

Existe una amplia investigación de aplicaciones desarrolladas de realidad aumentada, pero con respecto a la realidad aumentada colaborativa se está experimentando un crecimiento paulatino a nivel internacional en aplicaciones de entretenimiento para dispositivos móviles.

Es del interés personal de los realizadores de este proyecto enfocarse en el ámbito del entretenimiento con dispositivos móviles e impulsar el desarrollo de estas tecnologías.

3 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de aplicación móvil de entretenimiento del juego de damas inglesas (*Checkers*) con realidad aumentada colaborativa con el fin de promover el desarrollo de videojuegos que usen esta tecnología.

3.1 Objetivos Específicos

- Diseñar los modelos del juego en 3D.
- Diseñar la estructura de la aplicación de manera atractiva para el usuario.
- Investigar las posibles herramientas para desarrollar la aplicación.
- Programar el prototipo de la aplicación con las herramientas elegidas.

4 Preguntas de Investigación

- ¿Qué dificultades experimentarán los usuarios al utilizar la aplicación?
- ¿Qué requisitos mínimos deberán cumplir los dispositivos móviles para poder ejecutar la aplicación correctamente?
- ¿Qué técnica de rastreo sin marcadores será más adecuada para la aplicación?
- ¿Qué herramientas de software de realidad aumentada colaborativa serán más adecuadas para el desarrollo de la aplicación?

5 Justificación

El proyecto tendrá un impacto tecnológico al promover el desarrollo de más aplicaciones para dispositivos móviles que hagan uso de la realidad aumentada colaborativa y un impacto social al fomentar el uso de la tecnología como medio para la interacción entre los usuarios del juego y no como una herramienta que interfiera en la interacción social de las personas, como suele suceder. Fomentará el uso de videojuegos de realidad aumentada colaborativa y, al ser realizada sin marcadores, eliminará la dificultad que los usuarios experimentan durante la etapa de detección de marcadores para posicionar sus dispositivos de manera correcta frente al marcador y la pérdida de tiempo que esto conlleva.

6 Alcances y Limitaciones

Alcances:

- Se desarrollará la aplicación como un prototipo.
- Usará rastreo sin marcadores.
- Se usará la versión inglesa de tablero de 8x8 con 12 piezas cada jugador.

Limitaciones:

- Será solamente para dispositivos móviles.
- Se limita a dos usuarios.
- No se utilizarán dispositivos HMD.
- Se recomienda un uso máximo diario de 30 minutos a una hora para evitar fatiga visual.

7 Marco Teórico

A continuación, se abordan los conceptos teóricos necesarios para la realización del proyecto y que le dan sustento al mismo.

7.1 Introducción a la Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que por medio de un dispositivo electrónico integra al mundo real información adicional de manera virtual, con el fin de aumentar de alguna forma el entorno, ya sea describiendo los objetos o integrando modelos en 3D. Gracias a los dispositivos móviles esta tecnología puede ser usada para diferentes aplicaciones, utilizando la cámara como el medio de percepción del entorno real. Se tienen registros de que los inicios de la realidad aumentada se dieron en la década de los 1960 y que el término fue acuñado en 1992 por Tom Caudell, a partir de esto la realidad aumentada ha tenido un sinnúmero de usos en diversas aplicaciones [7].

Tipos de Dispositivos de Realidad Aumentada. Los dispositivos existentes que pueden utilizar realidad aumentada son variados, cada uno distinto del otro, a continuación, se describen los más destacados.

Head-mounted displays. Los HMD son dispositivos que permiten visualizar un entorno mixto entre lo real y lo virtual mediante un casco que se monta sobre la cabeza del usuario. Se puede interactuar con el entorno, que por lo general es simulado, muestran información y dan una sensación de inmersión profunda; además, pueden ir acompañados de controles en las manos para interactuar con los objetos o directamente sin la necesidad de estos.

Una de sus ventajas es que, al ser cascos montados (ver figura 3), la interacción con los objetos es de lo más normal en comparación con los otros tipos de dispositivos, ya que las manos se encuentran libres de tener que sostener algo [8].



Figura 3. Dispositivo HMD creado por Ivan Sutherland en 1968.

Proyector. Estos dispositivos trabajan con el entorno físico directamente, proyectando en objetos reales imágenes que pueden ser proyecciones convencionales 2D (que se adaptan al entorno creando una ilusión sobre los objetos que están siendo proyectados) o creando proyecciones 3D [9]. Estas son consideradas como realidad aumentada espa-

cial y trabajan con el entorno del usuario aumentando el espacio con imágenes. La desventaja es que estos dispositivos están sujetos a una posición fija y sólo funcionan en interiores.

Dispositivos Móviles. En los últimos años los avances tecnológicos han permitido agregar los dispositivos móviles a la lista de los dispositivos capaces de utilizar realidad aumentada con ayuda de su cámara, su geolocalización, giroscopio y demás sensores [10]. Además, la creciente popularización de los dispositivos móviles los vuelve en una herramienta digna a la cual dirigir el mercado de la realidad aumentada.

Tipos de Rastreo. Para posicionar los elementos virtuales dentro del entorno real existen diferentes métodos de rastreo, a continuación, se describen los más destacados.

Con Marcadores. Este tipo de rastreo está compuesto por una serie de figuras cuadrículadas en blanco y negro, hechas así para poder ser detectadas fácil y rápidamente por la cámara del dispositivo, sobre las que se posicionan los objetos virtuales. En la figura 4 se muestra cómo se lleva a cabo la detección de un marcador y explica detenidamente cómo un dispositivo, en este caso móvil, está haciendo uso de su cámara para esto. En la sección 1 la imagen es capturada y procesada; a continuación, en la 2 comienza la detección del marcador gracias a sus formas cuadrilaterales; en 3 y 4 se posicionarán los ejes y se refina la proyección con un mínimo de error para la proyección final; para finalizar se *renderiza* en realidad aumentada el objeto y es mostrado en la posición actual de la cámara [8].

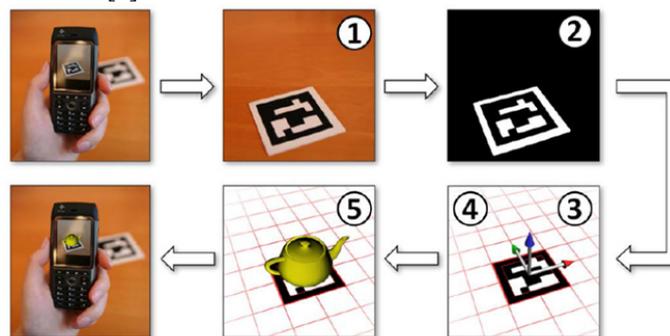


Figura 4. Ejemplo de uso de marcador en dispositivo móvil.

Con Imágenes. “Este tipo de realidad aumentada emplea imágenes en las que se superpone algún tipo de información (imágenes, objetos 3D, vídeos, ...) cuando son reconocidos por un software determinado” [11]. Funciona de manera similar al rastreo con marcadores, la diferencia radica en que, en lugar de detectar una figura cuadrículada a blanco y negro, este método busca detectar una imagen específica y sobre ella posicionar los elementos virtuales.

Sin Marcadores. La realidad aumentada sin marcadores trata de resolver el problema que se genera al tener que posicionar y detectar ciertos marcadores o imágenes en el espacio real y agregar sobre ellos los elementos virtuales. Para esto, requiere utilizar el mayor número de sensores con los que cuente un dispositivo, incluyendo el GPS (*Global Positioning System*), giroscopio, cámara, acelerómetro, entre otros más [12].

Algunos métodos de rastreo sin marcadores son el rastreo basado en modelos [13], rastreo basado en la textura de las superficies, rastreo de puntos de interés y rastreo basado en bordes [14].

Modelado en 3D. Es el proceso de generar una representación gráfica tridimensional elaborada con software especializado en 3D de los objetos o modelos que se utilizarán en la aplicación de realidad aumentada y que se superpondrán al entorno real. El modelado en 3D tiene un sinnúmero de aplicaciones además de la realidad aumentada; por ejemplo, en videojuegos, películas, televisión, marketing, arquitectura, medicina, ciencia, educación, etc. [15]

Todo comienza con una idea plasmada en un boceto, éste pasa por una serie de procesos creativos y al final se convierte en un modelo en 3D completo, el cual tiene como objetivo principal representar la realidad, ya sea un objeto o un espacio. Esto se logra con la ayuda de herramientas tecnológicas de software especializado.

Realidad Aumentada Colaborativa. La realidad aumentada colaborativa es un derivado de la realidad aumentada que trabaja en conjunto, dos o más dispositivos se conectan y pueden compartir el mismo entorno de manera local o remota, en estos casos el que funge como servidor mostrará un espacio simulado de su entorno en los dispositivos que estén conectados a él, un ejemplo claro es la plataforma *CoVAR* [16] que utiliza realidad aumentada y realidad virtual de manera conjunta para poder presentar un sistema de realidad aumentada colaborativa remoto.

Características:

- Dos o más dispositivos se conectan entre sí, para crear el ambiente colaborativo.
- Cuando un cambio es realizado desde un dispositivo los demás dispositivos verán reflejado ese cambio.
- Todos los dispositivos que se encuentren conectados pueden realizar cambios, mover objetos, etc.

La arquitectura más común para establecer una conexión es la denominada cliente-servidor. El servidor siempre estará en espera de que el cliente (o clientes) mande un saludo para poder proceder con el proceso de establecimiento de una conexión y, una vez que estén conectados, empezar la interacción de la aplicación.

7.2 Videojuegos para Dispositivos Móviles

El primer hecho importante de la historia de los videojuegos que hay que mencionar se remonta a 1889, cuando el japonés Fusajiro Yamauchi fundó su corporación llamada *Marufuku Company* [17], la cual en un principio se dedicó a fabricar un juego de cartas

japonés llamado Hanafuda; eventualmente esta compañía se convertiría en *Nintendo*. Para 1951, Marty Bromley comenzó a comprar máquinas de monedas y fundó *Service Games* (SEGA). Y ya en 1961 fue creado el primer juego para computadora por Steve Russell, llamado *Spacewar* (ver figura 5). En 2002, fue diseñado el primer juego de realidad aumentada para dispositivos móviles totalmente funcional para interiores y exteriores, *ARQuake* [18].



Figura. 5. *Spacewar*, el primer juego creado para computadora.

Diseño de Videojuegos. De acuerdo con [19], “un juego es una actividad de resolución de problemas abordada de una manera lúdica”. Un videojuego, por lo tanto, es eso mismo, pero a través de medios electrónicos.

A la hora de hacer un videojuego, el diseño estructural y los audiovisuales (imágenes, video, música y sonidos) crean una atmósfera *immersiva* para los jugadores. Todo esto junto con la narrativa (independientemente de su complejidad) y la dificultad del juego, forman una experiencia entretenida, interesante y atractiva para los usuarios [20].

Un videojuego consta de cuatro elementos: historia, estética, tecnología y mecánicas; a continuación, se discutirán más a fondo.

Historia. La historia en un videojuego es la secuencia de eventos que transcurren en el mundo ficticio del juego a través de los cuales se cuenta la narrativa y que progresa para llevar el juego del inicio al final o finales. Esta puede ser lineal, puede tener ramas, puede contener varias sub-historias que la conformen e, incluso, historias independientes a una principal en el juego.

Estética. La estética se refiere a la parte del juego que el jugador percibe a través de sus sentidos, cómo se ve el juego (e incluso cómo huele, se siente, etc., en algunos juegos). La parte con la que el jugador hace contacto directo es la interfaz.

La interfaz es una parte de suma importancia en el diseño, dado que es a través de ella que el jugador y el juego establecen una relación. De acuerdo con [19], el propósito de una interfaz no es verse bien ni ser fluida, sino hacer a los jugadores sentirse en control de su experiencia. La interfaz es, entonces, todo lo que se encuentra entre el jugador y el mundo del juego. A continuación, se describen dichos elementos:

- Entrada física: son los elementos físicos a través de los que se puede manipular el juego; por ejemplo: un control, un teclado, un ratón, etc.
- Salida física: son los elementos a través de los que el usuario puede percibir el juego; por ejemplo: una pantalla, audífonos, un dispositivo HMD, etc.
- Interfaz virtual: es una capa virtual que puede contar tanto con elementos de entrada como de salida; por ejemplo: los botones de menús que se muestran en la pantalla, el tablero de puntuaciones, etc.

Todos estos elementos que conforman la interfaz total (ver figura 6) y permiten al usuario jugar, interactúan de diversas maneras para lograr la experiencia de juego [19].

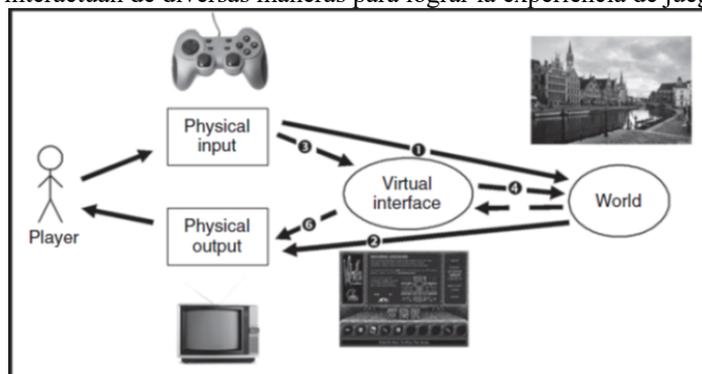


Figura 6. Mapa de interacción entre los elementos de la interfaz de un juego.

Para realizar la interfaz, primero se debe diseñar un boceto digital o a mano de lo que se pretende mostrar al usuario, puede ser la información, los distintos menús y los diferentes mensajes.

Tecnología. La tecnología son todos los elementos y materiales de los que requiere el videojuego, tanto aquellos con los que se lleva a cabo el diseño y desarrollo del juego, como aquellos que harán falta para poder jugarlo. Su selección es de suma importancia porque será esta quien dicte qué se puede hacer y qué no, permitiendo llevar a cabo ciertas posibilidades y restringiendo otras.

Mecánicas. Las mecánicas son las reglas que forman el juego en sí, lo que queda si se elimina la estética, la historia y la tecnología, es lo que es el juego realmente. A continuación, se describen algunas de ellas [19], [21]:

- Espacio: son los lugares en los que éste puede existir. Estos lugares pueden representarse de manera unidimensional (como un *Monopoly* cuyo espacio se puede representar como una línea de puntos interconectados repetida en un bucle), bidimensional (como un ajedrez) o hasta tridimensional. También pueden ser discretos (una serie de puntos definidos, como en un gato) o continuos (como una mesa de billar). Y cada espacio tiene límites definidos, incluso pueden existir espacios dentro de otros espacios.

- **Objetos:** son los elementos que existen en el espacio del juego, aquellos que se ven y que quizá manipular; pueden ser personajes, fichas, entre otras cosas. Estos elementos cuentan con atributos y estados, los cuales pueden ser tan simples como el color o la forma, y tan complejos como la posición actual del objeto en el espacio o su velocidad en un momento dado. Además, estos atributos pueden ser estáticos o dinámicos.
- **Acciones:** son las cosas que el jugador puede hacer (como mover un objeto de cierta manera) y que hacen que el juego avance en diferentes direcciones. Una acción puede ser propia de cierto objeto o extendida a muchos objetos.
- **Reglas:** definen las consecuencias de las acciones, las restricciones, los objetivos, etc. Estas hacen que las tres anteriores mecánicas puedan formar el juego juntas. La más importante es aquella que representa el objetivo del juego; por ejemplo, en un ajedrez esta regla es que cuando un usuario se come todas las fichas del otro, la partida termina y éste se declara ganador.

En resumen, el proceso de diseño de un videojuego consta de tres fases [21]:

- **Preproducción:** es el proceso en el cual surgen las ideas y se evalúan hasta que se deciden las que se llevarán a cabo. Durante esta fase se crean diversos artefactos que servirán de guía para las siguientes etapas, por ejemplo: el documento de diseño técnico, el documento de diseño de arte y el documento de diseño de audio. Esta fase puede terminar con la realización de un prototipo del juego.
- **Producción:** es el proceso en el que se realiza el juego, los artistas hacen los modelos en 3D, los programadores escriben el código del juego, etc. Durante esta fase el juego se prueba, se añaden o eliminan elementos y se continúa probando hasta completarlo. Esta es la etapa más larga.
- **Postproducción:** es el último proceso, implica la distribución y mercadotecnia del juego final. Durante esta fase también se hacen los manuales y se realizan los parches para corregir errores que puedan existir en la versión final.

7.3 Herramientas Tecnológicas

Herramientas de Realidad Aumentada.

Tabla 1. Tabla comparativa entre las herramientas de realidad aumentada.

	<i>ARCore</i>	<i>ARKit</i>	<i>ARToolKit</i>	<i>Unity</i>	<i>Vuforia</i>
Interfaz gráfica propia.	No.	No.	No.	Sí.	Sí.
Multiplataforma.	Sólo <i>Android</i> .	Sólo <i>iOS</i> .	Cualquier dispositivo.	Cualquier dispositivo.	Cualquier dispositivo.
Costo.	Es gratuito.	Es gratuito.	Es gratuito.	Es gratuito.	Es de paga.
Código abierto.	Sí.	No.	Sí.	No.	No.

Herramientas de Bases de Datos.

Tabla 2. Tabla comparativa entre los sistemas gestores de bases de datos con SQL.

	<i>Microsoft SQL Server</i>	<i>MySQL</i>	<i>PostgreSQL</i>	<i>Oracle Database</i>
Costo.	Más de 1000 dólares para uso comercial. Gratuito para uso propio de desarrollo.	Precios mayores a 2000 dólares.	Gratuito.	Precios mayores a 10000 dólares.
Multiplataforma.	<i>Linux, Windows.</i>	<i>Linux, Windows, MacOS,</i> entre otras.	<i>Linux, Windows, MacOS,</i> entre otras.	<i>Linux, Windows.</i>
Código abierto.	No.	No.	Sí.	No.

Herramientas para el Modelado en 3D.

Tabla 3. Tabla comparativa entre las herramientas de modelado en 3D.

	<i>Maya</i>	<i>Blender</i>	<i>3dsMax</i>
Costo.	De paga, suscripción anual.	Gratuito.	De paga, suscripción anual.
Interfaz agradable / Con gran documentación.	Sí, cuenta con una excelente documentación.	Sí, cuenta con una documentación aceptable.	Sí, cuenta con una excelente documentación.
Curva de aprendizaje.	4 semanas.	2 semanas.	4 semanas.

Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles.

Tabla 4. Tabla comparativa entre los sistemas operativos para dispositivos móviles.

	<i>Android</i>	<i>iOS</i>	<i>Windows Phone</i>
Soporte a realidad aumentada.	Sí.	Sí.	No.
SDK (<i>software development kit</i>) para realidad aumentada.	Sí.	Sí.	No.

Conexión con dispositivos de otros sistemas operativos (<i>Crossplatform</i>).	Sí, con cualquiera.	No.	No.
Actualización con frecuencia.	Sí, usualmente por mes.	Sí, usualmente cada 3 meses.	Sí, usualmente cada año.

8 Metodología

Se buscó seleccionar una metodología robusta que minimizara los riesgos en cada una de las etapas de su desarrollo; esto llevó a la elección de la metodología de desarrollo en espiral como la mejor opción.

Esta metodología fue propuesta en 1988 por Barry Boehm [22] como una mejora al desarrollo en cascada con un mayor enfoque en el análisis de riesgos (identificación, evaluación y resolución de riesgos) para cada una de las etapas de desarrollo de manera incremental.

En la figura 7, cada ciclo de la espiral trazado con un color diferente representa una de las siguientes etapas de desarrollo: análisis, diseño, desarrollo, integración y pruebas, respectivamente.



Figura 7. Representación gráfica de la metodología de desarrollo en espiral adaptada al proyecto.

En cada etapa, se realizan cada una de las siguientes actividades y al concluir las, se inicia la siguiente etapa.

- **Determinación de objetivos:** En este paso se determinan los objetivos de la etapa en la que se encuentre, las alternativas para cumplirlos y las restricciones.
- **Análisis de riesgos:** Durante este paso se evalúan las alternativas identificando los riesgos, evaluándolos y resolviéndolos o reduciéndolos a través de técnicas como prototipos, simulación, cuestionarios al usuario, etc., y se plantean estrategias alternativas.

- Desarrollo y verificación: En este punto se lleva a cabo el desarrollo del producto a elaborar durante la fase actual y, posteriormente, se verifica.
- Planeación de la siguiente fase: En este paso final se planea con mayor precisión la siguiente etapa a realizar con base en los resultados obtenidos en los pasos anteriores.

Así, conforme se avanza en iteraciones de la espiral, se avanza en el desarrollo del proyecto de software de manera incremental hasta obtener el sistema enteramente funcional. Con base en esta metodología, se describe en las siguientes secciones las etapas y tareas a realizar para desarrollar el software.

Referencias

1. D. Cordeiro, N. Correia y R. Jesus, «ARZombie: A mobile augmented reality game,» de 2015 7th International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment (INTETAIN), Turin, 2015.
2. S. Günther, F. Müller, M. Schmitz, J. Riemann, N. Dezfuli, M. Funk, D. Schön y M. Mühlhäuser, «CheckMate: Exploring a tangible augmented reality interface for remote interaction,» de CHI Extended Abstracts, Montréal, 2018.
3. B. Knoerlein, G. Székely y M. Harders, «Visuo-haptic collaborative augmented reality ping-pong,» de Proceedings of the international conference on advances in computer entertainment technology (ACE '07), Salzburg, 2007.
4. B. H. Thomas, «A survey of visual, mixed, and augmented reality gaming,» Computers in Entertainment (CIE) - Theoretical and Practical Computer Applications in Entertainment, vol. 10, n° 3, 2012.
5. M. M. Khan, «Adverse effects of excessive mobile phone use,» International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, vol. 21, n° 4, pp. 289-293, 2008.
6. D. J. Kim, C.-Y. Lim, N. Gu y C. Y. Park, «Visual fatigue induced by viewing a tablet computer with a high-resolution display,» Korean Journal of Ophthalmology, vol. 31, n° 5, pp. 388-393, 2017.
7. J. Cubillo Arribas, «ARLE: Una Herramienta De Autor Para Entornos De Aprendizaje De Realidad Aumentada,» Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Valladolid, Valladolid, 2014.
8. D. Schmalstieg y T. Höllerer, Augmented reality: principles and practice, Boston: Addison-Wesley, 2016.
9. R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier y B. MacIntyre, «Recent advances in augmented reality,» IEEE Computer Graphics and Application, vol. 21, n° 6, pp. 34-47, 2001.
10. A. Katiyar, K. Kalra y C. Garg, «Marker based augmented reality,» Advances in Computer Science and Information Technology (ACSIT), vol. 2, n° 5, pp. 441-445, 2015.
11. A. V. Guáitara López, «Aplicación De Realidad Aumentada Orientada a La Publicidad De Alto Impacto En La Empresa Vecova Cía. Ltda,» Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador, 2014.
12. A. I. Comport, É. Marchand y F. Chaumette, «A real-time tracker for markerless augmented reality,» Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, p. 36, 2003.
13. S. Hinterstoisser, V. Lepetit, S. Ilic, S. Holzer, G. Bradski, K. Konolige y N. Navab, «Model based training, detection and pose estimation of texture-less 3D objects in heavily cluttered scenes,» Asian Conference on Computer Vision (ACCV), pp. 548-562.

14. Y. Wang, S. Zhang, S. Yang, W. He, X. Bai y Y. Zeng, «A LINE-MOD-based markerless tracking approach for AR applications,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 89, nº 5-8, pp. 1699-1707, 2016.
15. J. Lampel, «The beginners guide to blender,» 8 agosto 2015. [En línea]. Available: <https://www.blenderhd.com/wp-content/uploads/2015/08/BeginnersGuideToBlender.pdf>. [Último acceso: 22 septiembre 2018].
16. T. Piumsomboon, A. Dey, B. Ens, G. Lee y M. Billinghamurst, «[POSTER] CoVAR: mixed-platform remote collaborative augmented and virtual realities system with shared collaboration cues,» *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct Proceedings*, 2017.
17. S. L. Kent, *The ultimate history of video games*, Watcher, 2001.
18. B. Thomas, B. Close, J. Donoghue, J. Squires, P. D. Bondi y W. Piekarsky, «First person indoor/outdoor augmented reality application: ARQuake,» *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 6, nº 1, pp. 75-86, 2002.
19. J. Schell, *The art of game design*, Boston: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
20. T. Winnerling y F. Kerschbaumer, *Early modernity and video games*, Cambridge Scholars Publishing, 2014.
21. M. E. Moore, *Basics of game design*, Boca Raton: A K Peters/CRC Press, 2011.
22. B. W. Boehm, «A spiral model of software development and enhancement,» *Computer*, vol. 21, nº 5, pp. 61-72, 1988.