

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**ELABORACIÓN DE LIBRO Y API CON REALIDAD  
AUMENTADA, UTILIZANDO TÉCNICAS DE HCI**

**Proyecto de Investigación y Desarrollo**

**Adrian Armijos Kruger**  
**Ingeniería en Sistemas**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero en Sistemas e Información

Quito, 27 de diciembre de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERIAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ELABORACIÓN DE LIBRO Y API CON REALDIDAD AUMENTADA, UTILIZANDO  
TÉCNICAS DE HCI**

**Adrian Armijos**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Sebastián Hernandez, M.Sc.

Firma del profesor

---

Quito, 27 de diciembre de 2016

## **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

---

Nombres y apellidos:

Adrian Armijos Kruger

Código:

00107195

Cédula de Identidad:

1724402381

Lugar y fecha:

Quito, 27 de diciembre de 2016

## **RESUMEN**

**Este trabajo de titulación está enfocado en el desarrollo y producción de un cuento infantil educativo con Realidad Aumentada. Dentro de este proceso se analizó a fondo el ambiente de desarrollo para la creación de una aplicación educativa de realidad aumentada para niños, junto con el planteamiento de la creación de una interfaz de programación de aplicaciones (API) para este propósito. También se dio enfoque a la mejora de la experiencia de usuario por medio de técnicas de Interacción Humano Computadora (HCI) con el fin de enganchar en la actividad al niño y garantizar un correcto aprendizaje.**

**Palabras clave: Realidad Aumentada, HCI, API, libro, interactividad, tecnología experimental.**

## ABSTRACT

**This paper details the development and production of an interactive children's book using Augmented Reality (AR), and analyses factors such as the development environment where the augmented reality production is maturing and the implications of the introduction to the masses into a new technological schema. It also includes a proposal for creating an Application Programming Interface (API) for developing low cost AR and focuses on applying Human-Computer Interaction principles to engage the users and deliver educational information in a more efficient way.**

***Key words:* Augmented Reality, HCI, API, book, interactivity, experimental technology.**

## Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
HCI . . . . .	11
Desarrollo . . . . .	12
<b>POSTMORTEM</b>	<b>14</b>
Código . . . . .	14
Diseño . . . . .	15
HCI . . . . .	16
Tutorial . . . . .	16
Flujo de Interacción . . . . .	17
Juegos . . . . .	17
Incorporación de actividades dinámicas . . . . .	18
Feedback de acciones . . . . .	19
Acción post libro . . . . .	19
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>20</b>
Rendimiento . . . . .	20
Diseño . . . . .	20
Seguridad . . . . .	20
Localización a diferentes idiomas . . . . .	20
Certificación . . . . .	20
Compatibilidad . . . . .	21
Recomendaciones . . . . .	21
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>23</b>

## Índice de cuadros

- |    |                                                         |    |
|----|---------------------------------------------------------|----|
| 1. | Ventajas y desventajas de usar Tango y OpenCV . . . . . | 24 |
|----|---------------------------------------------------------|----|

## Índice de figuras

- |    |                                                                                                                                     |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Resultado de la matriz de puntos significativos luego de transformar a la matriz de imagen en a)En-32 bits. b) En 64-bits . . . . . | 25 |
| 2. | Propuestas de dinosaurios para niños. a)Inicial. b)Final . . . . .                                                                  | 26 |
| 3. | Demostración de razgos basados en geometria . . . . .                                                                               | 27 |
| 4. | Muestra de Edición de una página del libro, usando composición fotográfica. . . . .                                                 | 28 |
| 5. | Banner Instructivo. . . . .                                                                                                         | 29 |
| 6. | Muestra de Edición de una página del libro utilizando iluminación y saturación de colores. . . . .                                  | 30 |
| 7. | Flujo de uso a) antes b) después . . . . .                                                                                          | 31 |
| 8. | Test de rendimiento a) antes y b) después de la optimización a la base de Open CV. . . . .                                          | 32 |

## INTRODUCCIÓN

Luego del exponencial crecimiento y súbita caída de Pokémon Go, el campo de la Realidad Aumentada ha ganado la atención de todos una vez más. Durante este último semestre, el consumo y producción de RA ha aumentado significativamente, gracias a la iniciativa de Niantic. (Forbes Magazine, 2016) Según el consultor tecnológico de Digi-Capital, se espera que la realidad aumentada sea un negocio de USD 90 mil millones para el 2020. Un negocio con crecimiento tres veces más grande que la realidad virtual. (Takahashi, 2016)

Incluso Unity Technologies, el creador del famoso motor de juegos, ha firmado un acuerdo con PTC, el dueño de Vuforia, para incluir su interfaz de realidad aumentada de forma nativa en la primavera del 2017. (PTC Inc., 2016) Esto sólo significa que la entrada a la realidad aumentada cada vez va a ser más penetrante y sencilla de usar.

Y es que la realidad aumentada tiene muchas aplicaciones. Muy aparte del simple entretenimiento, esta herramienta podría solucionar un problema grave que afecta a los niños pequeños: La digitalización infantil está haciendo que los niños aprendan cada vez menos. De acuerdo a la empresa británica Nielsen Books, El índice de lectura en niños de 4 a 12 años ha bajado 8 puntos desde el 2013. (The Guardian, 2013) Muchos expertos, incluyendo a Jo Henry, uno de los representantes de Nielsen Books, acusan a la tecnología como responsable de este fenómeno, con un argumento bastante válido: La única variable que ha cambiado en estos años es el aumento tecnología al alcance de niños. Y a simple vista podría parecer cierto, sin embargo, lo que no mencionan es que la tecnología “mala” o sin propósito educativo es la que en realidad perjudica al niño. Dylan Collins de SuperAwesome cree que la tecnología bien usada podría ayudar mucho más a los niños, en comparación a cualquiera de los medios no digitales actuales. (The Guardian, 2013) E incluir un libro educativo con realidad aumentada, podría ser un actor fundamental en este proyecto de educación digitalizada. Una de las razones principales es que esta tecnología te permite mezclar el mundo físico y adicionar prestaciones que sólo el mundo digital puede ofrecer. Además, no hay que negar que la “magia” de la realidad aumentada podría ser un



enganche bastante atractivo para los niños.

Sin embargo, pese a que cada vez hay más realidad aumentada en el mercado, las opciones para el desarrollo indie, o más concretamente, para el desarrollo del libro mencionado previamente, se han ido reduciendo. Es cierto que cada vez hay más herramientas, pero las tarifas que manejan no son orientadas para mantener un desarrollo pequeño. La misma plataforma de realidad aumentada, Vuforia, ha presentado complicaciones en la comercialización sobre todo para pequeños productores independientes. Una de las incertidumbres que el líder en el mercado mantiene, son las tarifas que mantiene.

Inicialmente el desarrollo de RA en Vuforia era completamente gratis a menos de que se utilicen servicios en la nube. Sin embargo, a partir de octubre del 2015, el original dueño de esta marca, Qualcomm, decidió vender su proyecto a PTC (QUALCOMM Inc., 2015) y su nuevo propietario decide experimentar con costos desde esa fecha. El primer cambio que PTC propuso fue cobrar USD 499 por cada aplicación con realidad aumentada que no utilice servicios en la nube. Posteriormente, a inicios del 2016, PTC decidió clasificar las licencias de Vuforia por uso y área de trabajo; manteniendo el precio fijo de USD 499 para aplicaciones de marketing, pero creando un rubro variable para videojuegos y productos físicos que necesiten de RA para funcionar, entre ellos los libros con Realidad Aumentada.

Pese a que este costo no parezca tan alto, las pequeñas empresas de bajos recursos o desarrolladores pequeños de campañas publicitarias se ven gravemente afectados ya que tienen que subir ese rubro a su producto, haciendo virtualmente imposible hacer una aplicación de RA con un presupuesto menor a USD 1000.

Epic Games y Unity Technologies notaron que un gran porcentaje de desarrolladores pertenecen a este grupo y para no dejarlos fuera del desarrollo interactivo cambiaron completamente su plan de negocios. Primero fue Epic Games que, sin previo aviso, decidió distribuir su motor de juegos Unreal Engine completamente gratis y cobrar regalías módicas. Unity Technologies, siguiendo los pasos de su competidor, creó una licencia gratuita para desarrollos menores a USD 100 000 anuales en ventas. Pese a todo esto, y que

ahora Vuforia va a ser parte de Unity 3D, PTC parece mantenerse firme con sus precios e ignorar a los pequeños desarrolladores.

Además, la fluctuación súbita de los precios y cambios de reglas de PTC causa inseguridad entre los desarrolladores que usan Vuforia; preocupando hasta a desarrolladores con mayores recursos ya que es un rubro que si se ajustó sorpresiva de un día para el otro, nadie garantiza de que no vuelva a pasar durante este pivoteo de mercado.

Por otro lado, el escenario de alternativas es bastante oscuro; plataformas de RA como Blippard y Aurasma proponen una interfaz mucho más amigable para el usuario. Sin embargo, las limitaciones de código son notorias en comparación a Vuforia, además de que el precio final de desarrollar con estas plataformas se dispara ridículamente, a tal punto que ambas empresas prefieren esconder el precio final en sus páginas web. Esto simplemente consigue dejar al desarrollador independiente sin muchas opciones para el desarrollo en RA.

A propósito de limitaciones de producción, actualmente la calidad interactiva de RA es muy limitada. Pese a que hay proyectos bastante completos como el proyecto de catálogo que lanzó IKEA (Inter IKEA Systems B.V. , 2013) y la útil traducción con realidad aumentada que Google Translate incorpora. La mayoría de trabajos en realidad aumentada carecen de interacción, contenido y propósito como la aplicación que creó Yambal para poder “ver” los perfumes en realidad aumentada o el ahorcado con RA, que para ingresar las letras tienes que enfocar de una en una todas las letras del abecedario. (HD Interactive, 2009)

La razón por la cual la calidad del contenido de RA es bajo se puede deber a cuatro razones:

1. El costo de licencias y personal apto, reduce el presupuesto para contenido
2. La RA de calidad involucra dos partes: Diseño e Ingeniería, destrezas que la mayoría de empresas, sobre todo las publicitarias, manejan por separado.
3. Muchas empresas toman la RA como valor agregado mas no como un canal de comunicación. Esto causa la mentalidad de que, si una aplicación tiene RA, se va a vender sin importar la calidad del contenido.

4. Es relativamente una tecnología nueva, por lo que no hay mucha competencia en contenido así que los estándares son sumamente bajos.

La solución a estos dos problemas es sencillamente ofrecer una plataforma gratuita o de bajo costo que permita ingresar a los desarrolladores independientes al mercado y subir la barra en relación a la calidad de contenido de RA.

Para esto se tomaron en consideración dos proyectos comprometedores que pueden entregar realidad aumentada a bajo costo. El primero es el proyecto TANGO de Google y el segundo es Open CV. En la tabla 1 se puede ver más a detalle todos los pros y cons de adoptar cada una de las bibliotecas.

Finalmente, hay que recordar que los consumidores de este producto son niños y a diferencia de tratar con adultos, los niños están menos sugestionados por reglas y convenios. Muchos de los potenciales consumidores ni siquiera saben leer o leen muy poco. Por lo que es necesario enfocarse intensivamente a entregar una experiencia de usuario óptima por medio de técnicas de HCI (Human-Computer Interaction) conocido también como IPO (Interacción Persona-Ordenador)

## HCI

Según Yvonne Rogers, esta disciplina se encarga tanto del diseño, como de la evaluación e implementación de los dispositivos tecnológicos que interactúan con el humano directa e indirectamente; estudiando el mayor número de casos que les pueda llegar a afectar. El objetivo es que el intercambio sea más eficiente: minimizar errores, incrementar la satisfacción, disminuir la frustración y, en definitiva, hacer más productivas las tareas que rodean a las personas y los computadores. De hecho, “el HCI abarca un dominio sin límites” (Rogers, 2012, pp. 1-3)

En definitiva, el HCI es “ese algo especial” que hizo que el iPod sea tan cotizado sobre cualquier otro complicado reproductor Mp3 de la fecha. A diferencia de prender el dispositivo y navegar entre confusos menús, el iPod funciona en la filosofía de Plug & Play.

La sincronización era sencilla y con unas cuantas vueltas al disco del dispositivo podías elegir la canción que quisieras.

En el caso de este proyecto concretamente, el HCI juega un papel fundamental en el enganche del niño y más que nada, en la retención de su atención. Si el diseño de la interacción está mal formado, el niño simplemente va a perder interés en el producto por frustración o por falta de interés. Lo que se busca para este proyecto es que el HCI provea técnicas para que tanto el libro como la aplicación sean amigables, intuitivas y que el niño aprenda eficientemente.

## **Desarrollo**

Pese a que TANGO contenga mucho material prometedor, hay una problemática que es muy difícil de superar: su compatibilidad. Actualmente, TANGO es compatible con pocos dispositivos móviles. Dos de ellos son Tango Tablet y Pixel Phone, el más moderno celular de Google a la fecha. La razón principal es que esta librería de visión virtual depende más de sensores físicos que del análisis de imágenes per se; por lo que sensores infrarrojos y acelerómetros bien calibrados son esenciales en este proceso, y no siempre están disponibles en hardware anterior.

Por lo tanto, se optó por el desarrollo en Open CV: una plataforma de código abierto, fundada por Intel y que lleva varios años actualizándose, en gran parte, por la comunidad de desarrolladores. Además de permitir la realidad aumentada, esta compleja librería también abarca:

- Estimación de Emoción
- Reconocimiento Facial
- Reconocimiento de Gestos
- HCI
- Robótica móvil
- Entendimiento de movimiento

- Identificación de objetos
- Segmentación y reconocimiento
- Stereopsis: Visión Estéreo (percepción de profundidad con dos cámaras)
- Estructura desde movimiento (SFM)

Para apoyar las áreas descritas arriba, OpenCV incluye una librería estadística de Machine Learning que podría ser interesante para futuros proyectos ya que nos podría dar métricas interesantes sobre cómo interactura el usuario con la aplicación, que objeto es el me más enfoca e incluso podría abrir una rama de predicción para poder optimizar la interacción con el producto.

## POSTMORTEM

### Código

Uno de los mayores retos fue la optimización de OpenCV. El problema yace en que es una biblioteca sumamente compleja. Es tan completa que utiliza algoritmos y mejoras que, a la hora de usarlo con dispositivos móviles, entregaba un rendimiento sumamente bajo. La solución más sencilla y la cual fue aplicada inicialmente, fue limpiar o apagar funcionalidades innecesarias. Una de estas, por ejemplo, es la detección de color, estereopsis y deformación no matricial en el plano; todas estas funcionalidades agregan un peso innecesario, tanto para el disco como para el CPU del celular. Posteriormente, debido a que por alguna razón el gráfico de rendimiento mantenía la memoria RAM al mínimo durante la mayoría del proceso, se redirigió manualmente el almacenamiento de objetos redundantes a la memoria RAM en lugar del disco. Además, se crearon clases genéricas para que los objetos de realidad aumentada apunten a una sola instancia en lugar de crear varios objetos con características similares. Con este cambio, se redujo el peso de almacenamiento de la App en un 70%. Finalmente, se actualizó la versión de OpenCV a los últimos estándares de Unity, eliminando clases deprecadas u obsoletas, y se abrió la compatibilidad con multi-threading y Metal para iOS.

Durante este proceso surgieron varios problemas. Uno de estos problemas fue el hecho de que OpenCV es una biblioteca extremadamente extensa, y para poder reducir sus funciones, se tiene que tener mucho cuidado en que líneas se comentan ya que muchas veces se encontraron funciones que aparentemente estaban aisladas de las demás, pero a la hora de eliminarlas, el programa actuaba incorrectamente o simplemente producía errores de compilación.

Otro problema que tuvo que ser solucionado es que Apple, con la introducción de su nueva arquitectura de 64 bits, obligó a todos los desarrolladores a cambiar la arquitectura y dejar de producir ejecutables de 32 bits para el AppStore. En el caso de esta aplicación, al cambiar a 64 bits, la suma de dos matrices causaba resultados inesperados como saltos de

memoria o sumas no congruentes. Sin poder sumar matrices, la rotación matricial se vuelve imposible y por lo tanto la RA pierde el poder de detección sobre cualquier objeto, a menos de que el punto de seguimiento esté perfectamente alineado paralelo a la cámara del dispositivo. En la Figura 1, se puede ver una representación de la matriz de imagen antes y después de la conversión a 64 bits. La solución fue una limpieza completa del cache de Unity, cambiar las referencias de algunas matrices por punteros y usar ArrayLists en lugar de Arrays comunes ya que la traducción de arreglos en OpenCV se realizaba en 32 bits.

## Diseño

Para este proyecto el diseño es algo primordial. Debido a que es un cuento para niños, el diseño juega una parte primordial para enganchar al niño en el producto y también permite a los padres elegir y aceptar nuestro libro sobre todos los demás.

Sin embargo, hay una clave en el diseño que se trató de profundizar durante este proyecto: la atracción audiovisual. Debido a que los niños son bastante inquietos y distraídos, fue necesario recurrir a varios trucos de diseño para lograr el enganche necesario.

Estos ajustes incluyeron: Usar formas circulares, disminuir en lo posible las puntas. (Fig. 2) Durante la creación de personajes se trató de dar la silueta más adecuada para comunicar los rasgos de personalidad principales de cada personaje. Por ejemplo, en la Figura 3, podemos ver que el pterodáctilo tiene una composición triangular que indica inquietud, rapidez, dinamismo. Por otro lado, el dinosaurio perezoso mantiene figuras redondas. Esto facilita la identificación de del personaje a simple vista.

La construcción de las imágenes fue elaborada usando muchos materiales orgánicos. Según la agencia de marketing Saltivery, el uso de materiales orgánicos permite crear un vínculo más familiar del niño hacia el libro. Ver un material generado por computadora es más extraño para un niño que ver papel, plastilina y tela; materiales que muy probablemente tenga a la mano. (2016)

Con relación a la composición fotográfica se modificaron varios cuadros del libro siguiendo

reglas básicas de composición. Entre estas reglas se incluyeron conceptos como regla de tercios, puntos focales, balanceo de peso y geometría general. Con esto se logra una imagen mucho más agradable, limpia y atractiva como se muestra en la figura 4.

Otro aspecto importante fue que para llamar la atención del lector, el libro utilizó símbolos y caracteres «alienígenas» que no permite leerlo. Para poder ver las letras y traducir el contexto, el usuario tiene que descargarse la aplicación del libro e inmediatamente podrá leer su contenido al enfocarlo con la cámara. Este mensaje de uso se lo transmitió con un pequeño recuadro instructivo (Fig. 5) y luego de las pruebas, el mensaje parece haberse transmitido correctamente. Sin embargo, estas mismas instrucciones a lo largo de todo el libro, es un detalle poco atractivo e innecesariamente repetitivo. Es por esta razón que su aparición se redujo y se limitó a ser visible en lugares en el que el usuario realmente pueda requerirlo.

Como toque final, se saturaron las fotografías del libro y se iluminaron los puntos focales más relevantes.

## HCI

Este aspecto del proyecto fue la más complicado y extenso de ajustar. Dentro del desarrollo, se presentaron varios problemas y se hicieron un gran número de pruebas sobre las ideas aplicadas. Las implementaciones principales fueron:

**Tutorial.** Este es un componente primordial porque es muy probable que tanto el padre como el niño sean introducidos por primera vez a la realidad aumentada. Realmente hay muy pocos tutoriales sobre “cómo hacer tutoriales,” y menos tutoriales para niños. Por lo que para nuestro libro se decidió seguir los pasos de Apple con su aplicación para aprender a programar en Swift: Swift Playgrounds (2016). El concepto que utiliza es sencillo y estructurado:

1. Crea un personaje amigable que va a servir como guía durante el tutorial. I
2. Inicia con ejemplos prácticos y comunes del concepto macro antes de entrar en detalle.



Por ejemplo, Apple inicia hablando de los pasos que necesitas para atarte los cordones. Esto lo usa para explicar que el código es una serie de acciones ordenadas.

3. Itera constantemente ejemplo-practica. Swift Playgrounds empieza con un nuevo concepto corto e interrumpe la lección para que el usuario haga lo enseñado. En nuestro caso, por ejemplo, para mostrar al niño que puede acercar y alejar la Tablet del libro hacemos que el marciano crezca y se encoja, parando el tutorial hasta que el niño se acerque o aleje lo suficiente.

4. Elimina la pérdida: no es un juego, es un tutorial. En este caso, el objetivo es que el niño aprenda a usar el sistema por lo que durante el instructivo no puede perder en ningún sentido y puede tomarse todo el tiempo que quiera para explorar el tutorial sin una cuenta regresiva o reproches de que lo está haciendo mal. El único feedback que recibe es la aprobación si lo hizo bien o la repetición de la orden si no completa la tarea en más de un minuto.

Se hicieron pruebas con 20 niños de edades de 4 a 8 años y notamos que este método es más efectivo y entretenido en comparación a simples instrucciones escritas, ilustradas o habladas.

**Flujo de Interacción.** El segundo problema yace en la cantidad de acciones que se puede encontrar entre 2 páginas. Marty el Marciano 2 tiene un inicio con introducción a la problemática, un juego para solucionar la problemática y un desenlace. Es tanto el contenido, que estructurarlo correctamente en cada página fue una tarea muy complicada. En la Figura 7 podremos ver cómo era el flujo inicial y cómo terminó luego de varias iteraciones y pruebas.

**Juegos .** Los juegos cumplen con un papel importante para el aprendizaje y a la vez le dan un toque de diversión a la actividad. Para hacer los juegos, me basé en el libro *Winning Ways for Your Mathematical Plays* (Elwyn R. Berlekamp, 2001), que habla sobre la teoría de juegos desde un punto de vista matemático. Dentro de su contenido se puede encontrar temas desde cómo ganar juegos usando matemáticas, hasta cómo crear algoritmos

matemáticos para mejorar la experiencia de juego. Uno de los aspectos más relevantes que trata este libro en su segunda sección es cómo hacer que un juego de matemáticas no sea tan pesado a la hora de jugarlo y dice básicamente: a una persona no puedes quitarle el odio a los números con un juego; sin embargo, puedes hacer que haga matemáticas y se entretenga haciéndolo, si usas ejemplos aplicables dentro de un concepto práctico. Una vez que la persona entiende el concepto matemático, el gusto aparece consiguientemente

Con esta metodología hicimos varios cambios con respecto a la numerología. Por ejemplo, no hay ni un solo número en el libro impreso. Los números son narrados o aparecen sutilmente en los juegos. Sin embargo, la enseñanza matemática sigue presente. Un ejemplo claro es el juego en el que tienes seis manzanas y tres personajes a los cuales tienes que darles la misma cantidad de manzanas a cada uno. Solo hay manzanas y canastas; sin embargo, se establece una introducción a la división de enteros.

**Incorporación de actividades dinámicas .** Mientras más sentidos estén involucrados en el aprendizaje, mejor quedará grabada la lección. Es por eso que el desarrollo no solo se limitó producción de realidad aumentada. El libro también tiene actividades que requieren agitar el dispositivo para que las manzanas caigan, decirle cosas bonitas al volcán para que se tranquilice y saltar para que el dinosaurio salte. Mientras más dinámico sea el juego, el niño no solo se va a divertir más, también va a aprender la lección del juego de mejor manera.

Uno de los mayores problemas enfrentados a la hora de hacer estas actividades, fue la detección de palabras para el volcán. Es algo virtualmente imposible porque los niños no necesariamente pronuncian o vocalizan bien las palabras. Además, la lista de las palabras “bonitas” que el niño puede decir es sumamente extensa y es probable que varias palabras hayan quedado fuera de la lista. Por eso se utilizó una metodología de engaño similar a la que utilizan los programas de televisión: Preguntar algo, esperar un tiempo en silencio para que el niño “hable” al televisor y finalmente responde con respuestas genéricas como “muy bien” o “a mí también me gustó eso”. Para este caso, el libro empieza diciendo “Tienes que

decirle cosas bonitas al volcán para que se tranquilice, dilo fuerte y alto para que te escuche” y lo que hago en realidad es detectar la vibración del micrófono, si pasa de ciertos decibeles por un tiempo específico, lanzo la animación de felicitación.

**Feedback de acciones.** A veces no es suficiente poner el “ganaste” para indicar que el juego acabó. Se usaron varias pautas sonoras y patrones repetitivos para que el niño entienda fácilmente el mensaje. Un caso claro es usar siempre la misma melodía para el juego y para la victoria. Por lo que, si un niño está leyendo y de repente suena, por ejemplo, la pista número 3, él sabrá que un juego se acerca y hay que prepararse para dejar de leer y ponerse a jugar. De la misma manera, si el niño gana, oirá una melodía de dos segundos indicándole que el juego se acabó y es hora de continuar leyendo.

**Acción post libro .** Aunque este tema no sea muy relacionado al HCI, se considera que es importante mencionarlo. Una de las razones por la que la franquicia de las Guerras de las Galaxias (Star Wars) tuvo tanto éxito es porque luego de ver la película podías comprar una “espada láser” o tomar un palo del patio y fingir que eras Luke Skywalker peleando contra el Imperio. Además, la cantidad de mercancía que se produce permite al fan poder revivir la historia fuera de la sala de cine. En nuestro caso queríamos incorporar algo que permita jugar luego del libro

La solución fue simple: al final de la historia, el personaje es homenajeado por ayudar a los dinosaurios, pero al tratar de grabar ese momento tan especial, el personaje se da cuenta de que los dinosaurios no tienen cámaras de fotos, por lo que el libro finaliza pidiendo al lector que él mismo recree la fiesta haciendo dibujos, maquetas u otros materiales caseros, para que luego se lo envíen al personaje en persona. Para esto facilitamos el proceso creativo utilizando sólo materiales comunes para hacer a los personajes y la escenografía: los árboles son de papel, el fuego del volcán son sorbetes y las nubes, algodón. Al momento del lanzamiento oficial, se van a crear apartados postales reales para recibir las maquetas y un correo a nombre del personaje para que puedan escribir al personaje principal.

## CONCLUSIONES

Luego de trabajar con este proyecto y concluir con las metas planificadas, el producto se encuentra en fase Beta. Sin embargo, para llegar a un producto final, es necesario pulir ciertas características con especialistas en cada campo y agregar nuevos módulos de contenido.

Las áreas a mejorar son:

**Rendimiento.** Pese a que se logró una mejora de hasta el 65 % en comparación al prototipo original, nuestro código puede ser mejorado con otras técnicas de optimización como el mejor uso del cache para guardar ahorrar el memory swap entre el disco y la RAM, también podría mejorarse algorítmicamente reduciendo doble trazos de polígonos, modificando la calidad de las texturas y reduciendo el peso de las pistas de sonido para que su carga sea más rápida. El resultado de esta optimización se la puede ver en la Figura 8.

**Diseño.** Para mejorar esta área es necesario ser asesorado por un director de arte. Pese a que el diseño es bastante aceptable, para un producto de exportación se requieren aún más cambios en maquetación y composición.

**Seguridad.** Uno de los mayores problemas para la comercialización es la vulnerabilidad de copia. Esperamos poder tener un sistema de protección contra réplicas para el 2017. Actualmente, tanto el nombre como el personaje están registrados en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual.

**Localización a diferentes idiomas.** Esperamos también tener el mismo libro narrado en diferentes idiomas para la exportación.

**Certificación.** Muchos países requieren una acreditación especial para distribuir libros infantiles. Esta acreditación cambia dependiendo de cada país y puede requerir hacer modificaciones significativas al libro para distribuirlo en países específicos. Los requerimientos de modificación por censura pueden ir desde lo más obvio, como el control de violencia, malas palabras y/o referencias a drogas; hasta algo que puede parecer inofensivo como poner en una cocina a una mujer con delantal por retratar incorrectamente

que las mamás solo sirven para estar en la cocina.

**Compatibilidad.** Actualmente, la aplicación esta publicada para el AppStore® y Google Play®. Planes a futuro podrían incluir una versión para Windows Phone.

Sin duda crear este proyecto fue una actividad bastante entretenida, pero también muy desafiante. Como consejo final para cualquier lector que tenga planes de incorporar realidad aumentada a su proyecto, es necesario recordar que este tipo de producto no es sólo un trabajo de diseño creativo o de programación eficiente: se necesita un equipo capaz de cubrir varias áreas que en otro medio podrían no tener nada en común. De nada sirve tener una aplicación que corre rápido y funciona fluido si el arte es desagradable; por otro lado, de nada sirve tener la aplicación más hermosa de la historia si su funcionamiento no es práctico.

## Recomendaciones

Como consejo final, es importante no enamorarse de una tecnología nueva. Muchas personas cometen el error de desarrollar sus productos con la tecnología de punta y sentirse orgullosos de hacerlo. El problema de esta mentalidad es que generalmente la tecnología tiene que pasar por muchos filtros de prueba y error para poder tener una versión estable. Estos filtros toman tiempo y es muy probable que si adoptas tecnologías nuevas, adoptes también sus problemas.

Otro problema de adoptar tecnologías nuevas es que las personas que lo adoptan lo perciben como valor agregado, y eso es muy peligroso. Lo que se debería promover es las ideas nuevas o innovadoras: un juego con nuevas mecánicas, una historia nunca antes contada, un concepto para enseñar eficientemente. Las personas que se basan en eso logran sacar grandes productos y logran enganchar a la gente por mucho tiempo. Crear un PONG o un Tetris utilizando el nuevo dispositivo de realidad virtual o un flyer con realidad aumentada simplemente no va a despegar correctamente si el concepto comunicacional no es atractivo. Pokémon Go se volvió viral porque te permite jugar en la vida real, y además, como extra,

puedes “prender” la realidad aumentada. De hecho, la versión original que Google lanzó en el día de los inocentes del 2014 (Nomura, 2014) fue un Pokémon Go sin RA. La causa de la caída de este juego no fue la falta de tecnología novedosa; fue simplemente no escuchar a los clientes e implementar un sistema que realmente permita competir entre usuarios y no incorporar estímulos nuevos para que el jugador siga jugando al día siguiente. Por eso es importante escuchar al usuario. Como John “Maddog” Hall dijo, “Es importante siempre enfocarse en el cliente; que el cliente descubra los errores. Probar uno mismo en busca de errores y fallas es simplemente ridículo, porque si hay una falla que yo pueda encontrar, ya las hubiese corregido desde un principio.” (Hall, 2015)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

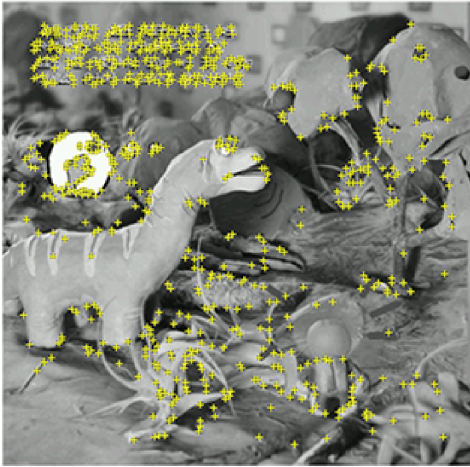
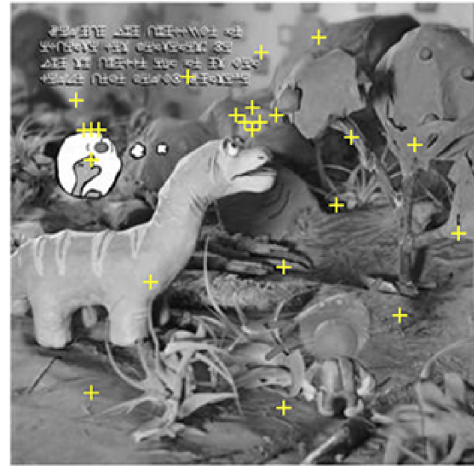
- Apple Inc. (2016). Swift Playgrounds. California, USA.
- Elwyn R. Berlekamp, J. H. (2001). *Winning Ways for Your Mathematical Plays: Volume 1* . USA.
- Forbes Magazine. (24 de Noviembre de 2016). *Forbes*. (E. Natanson, Editor) Recuperado el Noviembre de 2016, de Pokemon Go -- Flash in the Pan or The Future of Mobile Gaming...?: <http://www.forbes.com/sites/eladnatanson/2016/11/22/pokemon-go-flash-in-the-pan-or-the-future-of-mobile-gaming/#31965bf92370>
- HD Interactive. (2009). AR Hangman. *Internet and Technology Summit*.
- Inter IKEA Systems B.V. . (10 de Febrero de 2013). IKEA Catalog.
- Nomura, T. (31 de Marzo de 2014). *Become a Pokemon Master with Google Maps*. Obtenido de Google Blog: <https://blog.google/products/maps/become-pokemon-master-with-google-maps/>
- PTC Inc. (1 de Noviembre de 2016). *Vuforia developer Portal*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de Newsfeed: <https://developer.vuforia.com>
- QUALCOMM Inc. (2015 de Octubre de 2015). *Press Release*. (QUALCOMM Incorporated) Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de Qualcomm: <https://www.qualcomm.com/news/releases/2015/10/12/qualcomm-signs-definitive-agreement-sell-vuforia-business-ptc>
- Rogers, Y. (2012). *HCI Theory: Classical, Modern, and Contemporary* (Vol. 2). (U. C. UCLIC, Ed.) UK: Morgan & Claypool.
- Takahashi, D. (2 de Marzo de 2016). *Augment raises \$3M to bring augmented reality to sales pitches*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de [venturebeat.com](http://venturebeat.com): <http://venturebeat.com/2016/03/02/augment-raises-3m-to-bring-augmented-reality-to-sales-pitches/>
- The Guardian. (26 de Septiembre de 2013). *Children's reading shrinking due to apps, games and YouTube*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de The Guardian: <https://www.theguardian.com/technology/appsblog/2013/sep/26/children-reading-less-apps-games>

TANGO		OpenCV	
Una plataforma fundada por Google para el mapeo de lugares a tiempo real. Una de sus sub-funciones es la realidad Aumentada		Una plataforma fundada por Google para el mapeo de lugares a tiempo real. Una de sus sub-funciones es la realidad Aumentada Plataforma bajo licenciamiento BSD. Orientado a la visión artificial de objetos a tiempo real. Código abierto.	
Pros	Cons	Pros	Cons
Es desarrollado por Google, por lo que se espera una documentación seria y completa.	Utiliza demasiados recursos	Originalmente desarrollado por Intel	Documentación poco amigable para nuevos usuarios
Permite mucho más que realidad aumentada	Actualmente sólo es compatible con celulares especializados para TANGO	Recibe actualizaciones constantemente.	Es “un diamante en una mina”. Necesita ser limpiado y simplificado para poder correr en móviles eficientemente
Fácil de usar.	Hay planes de cobrar una licencia para producción	Completamente gratis	No hay una versión formal en C# o Javascript para ser usado en Unity 3D

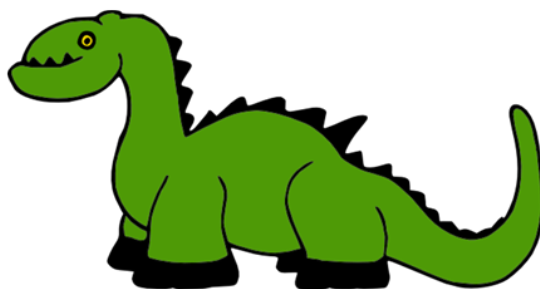
Cuadro 1

*Ventajas y desventajas de usar Tango y OpenCV*



**a)****b)**

*Figura 1.* Resultado de la matriz de puntos significativos luego de transformar a la matriz de imagen en a) En-32 bits. b) En 64-bits

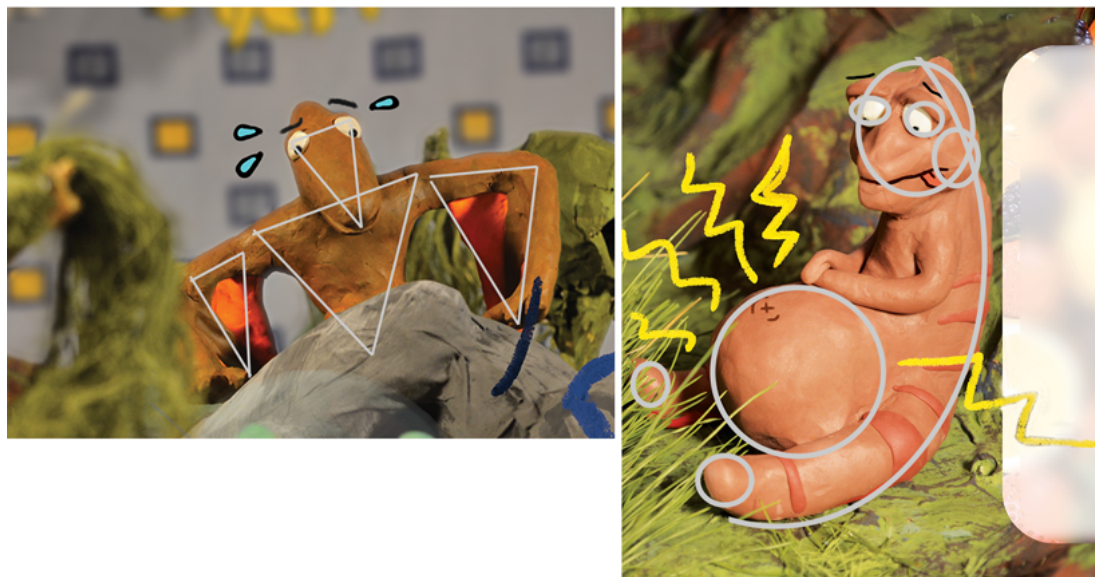


**a)**



**b)**

*Figura 2.* Propuestas de dinosaurios para niños. a)Inicial. b)Final



*Figura 3.* Demostración de razgos basados en geometria



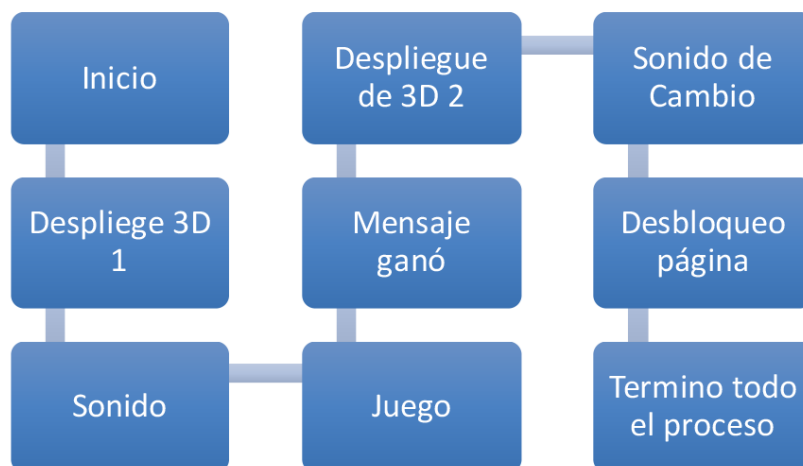
*Figura 4.* Muestra de Edición de una página del libro, usando composición fotográfica.



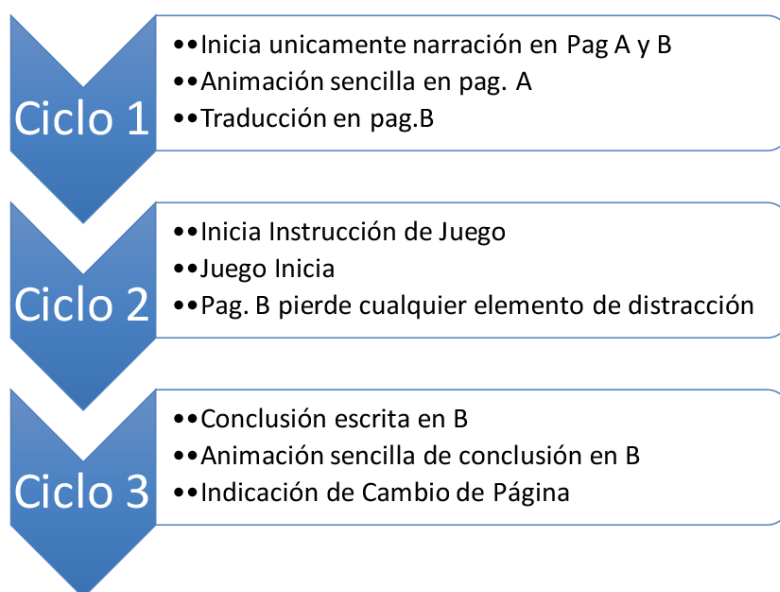
Figura 5. Banner Instructivo.



*Figura 6.* Muestra de Edición de una página del libro utilizando iluminación y saturación de colores.

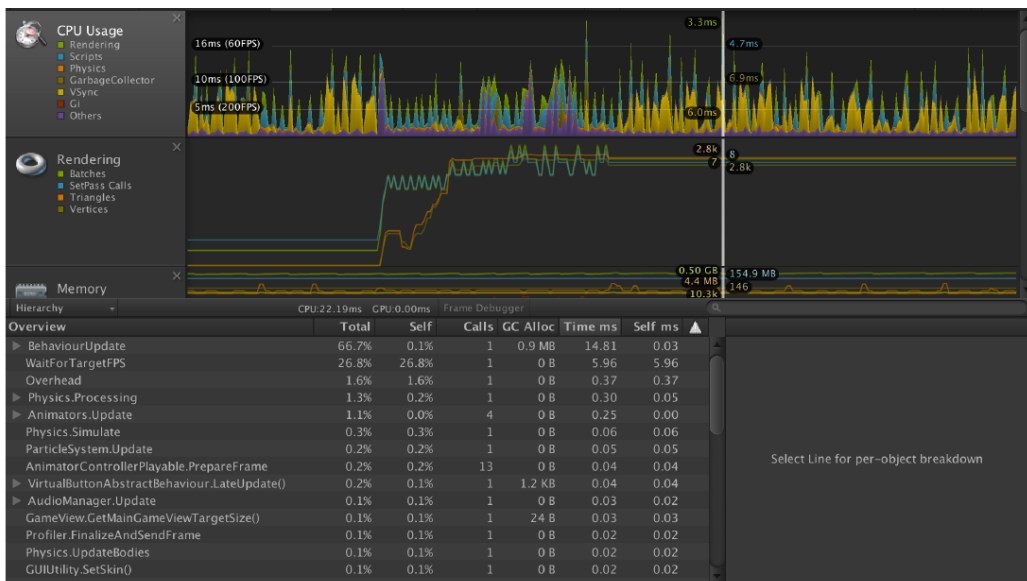


**a)**



**b)**

Figura 7. Flujo de uso a) antes b) después



a)



b)

Figura 8. Test de rendimiento a) antes y b) después de la optimización a la base de Open CV.