

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Cómputo

## **Augmented Reality Furniture (ARF)**

TT2018-A002

*Que para cumplir con la opción de titulación curricular en la  
carrera de:*

**Ingeniería en Sistemas Computacionales**

*Presentan*

Cabello Acosta Gerardo Aramis  
Carrillo Mendoza Martín Alejandro  
Del Pilar Morales Saúl

*Directores*

M. en C. Vélez Saldaña Ulises. Director 1  
M. en C. José David Ortega Pacheco. Director 2

### **Abstract**

En este reporte se presenta la documentación técnica y marco teórico del Trabajo Terminal 2018-A002 titulado: **Augmented Reality Furniture (ARF)**, cuyo objetivo es desarrollar una aplicación móvil que permita crear entornos virtuales utilizando realidad aumentada en dispositivos móviles para facilitar el diseño de interiores.

**Palabras clave:** Aplicación móvil, realidad aumentada, diseño de interiores.

# Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Contexto de trabajo . . . . .	1
1.2	Problemática . . . . .	1
1.3	Trabajo previo . . . . .	2
1.4	Solución propuesta . . . . .	2
1.5	Objetivo . . . . .	3
1.6	Justificación . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1	Diseño de interiores . . . . .	5
2.1.1	Definicion . . . . .	5
2.1.2	Movimientos en el diseño de interiores . . . . .	5
2.1.3	Fundamentos del diseño de interiores . . . . .	6
2.2	Realidad Aumentada . . . . .	9
2.2.1	Definición . . . . .	9
2.2.2	Tipos de realidad aumentada . . . . .	9
2.2.3	Impacto de la realidad aumentada . . . . .	9
2.2.4	Plataformas de realidad aumentada para dispositivos móviles . . . . .	10

# Lista de figuras

2.1	Esquema monocromático.[13]	7
2.2	Esquema complementario.[13]	7
2.3	Esquema análogo.[13]	8
2.4	Pasos para la identificación de la marca.[13]	19
2.5	Sistema de coordenadas de la camara y la marca.[13]	19
2.6	Sistemas matriciales para la camara y la marca.[13]	20
2.7	La relación entre las coordenadas de la proyección de la cámara y las coordenadas de la posición de la cámara.[13]	20
2.8	Ecuaciones de las lineas generadas entre el marcador y la camara.[13]	20
2.9	Puntos generados que se proyectan en las lineas paralelas de la ecuación 3.[13]	20
2.10	Descripción gráfica de los cálculos generados entre camara y la marca.[13]	21

# Índice de tablas

2.1	Listado de dispositivos compatibles con Wikitude . . . . .	13
2.2	Listado de dispositivos compatibles con ARKit 2 . . . . .	15
2.3	Listado de dispositivos compatibles con Vuforia . . . . .	17
2.4	Listado de dispositivos compatibles con ARCore . . . . .	24

# Capítulo 1

## Introducción

En éste capítulo se define el contexto del trabajo terminal, el problema que vamos a abordar y por qué lo vamos a resolver, cuáles son nuestros objetivos y cómo vamos a lograr solucionar el problema planteado. También está descrito el trabajo previo (estado del arte) que también aborda la problemática que escogimos

### 1.1 Contexto de trabajo

Actualmente vivimos en un entorno que dominado por la tecnología. Día a día se desarrollan nuevas herramientas con el fin de ayudar al ser humano a realizar tareas de una forma más fácil y eficiente, como los HMD (Head-mounted Display)[15]. Por otro lado también nos encontramos en una época donde el diseño es un área de gran importancia en cualquier sector del mercado, por ejemplo, un buen diseño web en un sitio es fundamental lograr que un producto se logre vender o difundir, un buen diseño gráfico en campañas de marketing asegura más clientes; de igual forma nos encontramos con el diseño de interiores. Para ésta última área se suelen contratar diseñadores de interiores profesionales para lograr que los espacios interiores de un inmueble consigan tal armonía que mejoren la calidad de vida de quienes lo habitan y además generen un impacto en las personas que usan éstas habitaciones.

El proceso del diseño de interiores está integrado por varias etapas, que se pueden observar en la figura X. Teniendo a la mano una gran diversidad de herramientas tecnológicas, podemos usar estos elementos para lograr que el diseño de interiores sea más sencillo, intuitivo y más rápido, y que cualquier persona pueda realizarlo sin tener todos los conocimientos y habilidades que se requieren para ello.

### 1.2 Problemática

El diseño de interiores es un proceso que implica muchas etapas, algunas de ellas son de tal complejidad que necesitan de un diseñador de interiores profesional para completarse con éxito. Hay otras que son de gran lentitud como el desarrollo de las propuestas del diseño pues requieren la elaboración de un modelado tridimensional. Lo anterior conlleva a un proceso de diseño de interiores lento y complejo, el cual si no es realizado de forma exitosa, se tiene que repetir hasta conseguir el resultado deseado, lo cual genera pérdidas económicas y de tiempo tanto para el usuario que desea un diseño de interiores como para el profesional encargado de realizar éste diseño.

### 1.3 Trabajo previo

Las aplicaciones y proyectos que abordan el problema anteriormente descrito son:

1. Canvas (iOS).
2. Amazon App
3. Fingo
4. Ikea Place
5. TT 2012-B043

De forma colectiva, en tales aplicaciones pudimos notar las siguientes características:

1. El usuario puede escanear una habitación en formato tridimensional incluyendo los muebles y objetos que haya en ella
2. El usuario puede exportar el escaneo tridimensional de una habitación para usarlo en AutoCAD
3. Mediante realidad aumentada el usuario puede posicionar un objeto a donde enfoque la cámara del celular
4. Existe una posición relativa de los objetos, es decir, si el celular se mueve el objeto permanece en la misma posición
5. Se requiere un hardware especial además del dispositivo móvil

Cabe destacar que Fingo y el TT 2012-B043 utilizan marcadores físicos, colocados en el suelo, sobre los cuales se superponen los objetos tridimensionales, lo cual limita su uso, dado que son dependientes de un elemento externo.

Por otro lado, encontramos características que consideramos importantes para resolver el problema planteado, pero ninguna de las aplicaciones anteriores las posee, como son:

1. No están enfocadas a e-Commerce
2. No existe un gran repertorio de submodelos de objetos
3. No poseen valores agregados en los objetos en general, por ejemplo, que se muestren las propiedades del producto, o que se puedan cambiar colores de productos

En la **Tabla 1** podemos apreciar una comparación de las aplicaciones anteriores y la aplicación que planeamos hacer con base en las características previamente descritas:

### 1.4 Solución propuesta

Para lograr un diseño de interiores óptimo, proponemos desarrollar una aplicación móvil que permita a los usuarios visualizar de forma virtual, muebles y objetos decorativos en una habitación, eliminando la necesidad de tenerlos físicamente en ella.

Características	Canvas	Tango	Fingo	Ikea Place	TT 2012- B043	Nuestra App
Escaneo						
Exportar						
Enfoque						
Posición relativa						
Hardware externo						
e-Commerce						
Variedad						
Diseños realistas de objetos						
Valor agregado						

Tabla 1. Comparación de aplicaciones que abordan la realidad aumentada y el diseño de interiores

## 1.5 Objetivo

Desarrollar una aplicación móvil que permita crear entornos virtuales utilizando realidad aumentada en dispositivos móviles para facilitar el diseño de interiores.

## 1.6 Justificación

Cuando nos cambiamos de hogar, inevitablemente tenemos que afrontarnos con la tarea de decorar las habitaciones que hay en él. En éste punto, hacerlo no resulta tan complicado dado que partimos de una habitación vacía y ésta se convierte en un lienzo en blanco para nuestra imaginación. Al no haber objetos presentes, la percepción espacial de quien decora no se ve afectada, de tal forma que éste escenario facilita el diseño de interiores. Desafortunadamente no siempre tenemos la oportunidad de decorar una habitación cuando ésta se encuentra vacía, pues normalmente ya hay muebles y objetos decorativos en ella, entonces el proceso se resume a agregar nuevos objetos. Si nosotros escogemos un mueble que se ve agradable a simple vista, puede que, al momento de colocarlo en la habitación, no se encuentre en armonía con los demás objetos, lo cual es uno de los objetivos del diseño de interiores [1]. Incluso al no seguir los procesos fundamentales que el diseño de interiores requiere, como la planeación del espacio [2], es posible que se tenga que reiniciar todo proceso, lo cual es cansado, por el esfuerzo realizado al reorganizar los elementos de la habitación.

Aunado a esto, puede llegar el punto donde quien decora la habitación, al final ya no desee el mueble, y realice un proceso de devolución de producto, si es que la tienda donde lo compró lo permite. Entonces la tienda pasa al domicilio donde se encuentre el producto para recogerlo o el usuario va a la tienda a entregarlo. De cualquier forma, se traduce en una pérdida económica y de tiempo.

Todas éstas consecuencias se podrían evitar si realizamos un diseño de interiores que siga todas las etapas descritas en el diagrama de procesos anteriormente mostrado, pero por otro lado éste proceso es complejo, tardado y costoso.

Este proceso resulta sencillo para un diseñador de interiores titulado y/o certificado [2], pero no para alguien que no tiene esa misma preparación y aquí es donde se pueden provocar pérdidas económicas y de tiempo por parte del cliente que compra un mueble y/o por parte de la tienda si se



efectúa un proceso de devolución de producto dañando el prestigio de la tienda o sucursal asociada a la venta de estos muebles u objetos.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

El presente trabajo pretende analizar y documentar el desarrollo de una aplicación móvil para el diseño de interiores, por ello las definiciones que a continuación se exponen son necesarias para entender objetivo y el funcionamiento del software.

### 2.1 Diseño de interiores

#### 2.1.1 Definicion

El diseño de interiores es una profesión en la cual soluciones creativas y técnicas son aplicadas dentro de una estructura para lograr la construcción de un entorno interno determinado. Éstas soluciones son funcionales, mejoran la calidad de vida de los ocupantes y son estéticamente atractivas. Los diseños deben apegarse al código y normas requeridos, y fomentar los principios de sustentabilidad ambiental definidos por el edificio o empresa. El objetivo del diseño de interiores es lograr una armonía en los espacios que habitamos y dar confort al usuario de dichos espacios.[1]

El diseño de interiores sigue una metodología sistemática y coordinada que incluye investigación, análisis e integración de conocimientos dentro de un proceso creativo. Dentro ésta metodología podemos ubicar distintos servicios o etapas, dependiendo de la complejidad del trabajo, en las cuales encontramos: definición de los requerimientos funcionales para los espacios de las habitaciones, planeación de espacios interiores, realización de planos de construcción, definición de especificaciones de ubicación, colores y acabados en piso, paredes, materiales, equipo, mobiliario y muebles, administración de contratos de fabricación o instalación, etc.

En Estados Unidos el diseño de interiores es la única rama del diseño que está sujeta a las regulaciones federales y la ley gubernamental.[2]

#### 2.1.2 Movimientos en el diseño de interiores

##### Feng shui

”El Feng Shui es un arte utilizado actualmente para alcanzar la armonización de las energías en las casas y los lugares de trabajo, basado en principios milenarios de la sabiduría china” [25]. Surge de la conjunción de dos ideogramas chinos que significan ”viento” y ”agua”, dos conceptos que para las tradiciones de la antigüedad se relacionaban con el flujo y la circulación de la energía vital. Mediante este arte, nos es posible conocer cuál es la perfecta ubicación para edificar una casa, el

lugar ideal para colocar cada uno de los muebles, como así también la forma de revertir las energías adversas que puedan afectarnos. El Feng Shui estudia la relación del hombre con la naturaleza y brinda la oportunidad de vivir de acuerdo con los principios que la rigen, y de esta manera, aprovechar esas energías que fluyen por todas partes y pueden influir en nuestro bienestar general.

### **Deconstructivismo**

El desconstruccionismo es la “Arquitectura que busca llegar a nuevas formas de expresión al alejarse de las restricciones estructurales y jerarquías funcionales y temáticas, enfocado hacia diseños a menudo no rectangulares, fantásticos y aparentemente inconexos”[23]. Tal trabajo a menudo representa una aplicación de las teorías filosóficas de Jacques Derrida en Francia, que trato de llegar a nuevas ideas en la literatura; esta filosofía se ha aplicado desde finales del siglo 20 a las estructuras arquitectónicas generalmente llamadas arquitecturas desconstruccionistas.

La arquitectura desconstruccionista surge en una exposición, titulada *deconstructivist architecture*, que Philip Johnson y Mark Wigley organizaron en el museo de Arte Moderno (MoMa) de Nueva York en 1988.

### **Diseño Orgánico**

Arquitectura cuyo diseño se establece de acuerdo con los procesos de la naturaleza en lugar de basarse en un diseño ya impuesto. Es una filosofía de diseño propuesta por Frank Lloyd Wright (1867-1959) a comienzos del siglo 20 y en ella afirma que un edificio (y su apariencia) deben de seguir formas que estén en armonía con su entorno natural.[23]

Los materiales utilizados en el exterior deben ser acoplarse con la ubicación del edificio, relacionando así el edificio a su entorno. Por lo tanto, debe hacerse de baja altura, con techos que sobresalgan para proporcionar protección del sol en el verano y para proporcionar alguna protección contra la intemperie en invierno además se debe de hacer un máximo uso de la luz natural.

#### **2.1.3 Fundamentos del diseño de interiores**

El diseño de interiores se ve como una actividad que tiene un punto de inicio (cuando el diseñador y el cliente tienen el primer contacto) y otro al final cuando el proyecto se ha ejecutado.

Se debe tomar en cuenta que el diseño de interiores es maleable, es decir, que su realización no está sujeto estrictamente a una serie de reglas. En un caso se puede realizar un determinado proceso, y en otro se puede realizar otro proceso diferente. No existe una solución estandarizada para para todos los casos.

Lo más importante es definir el por qué estamos diseñando. Por ejemplo si se está diseñando un armario, se tiene que saber cuál es el impulso para hacerlo. El diseñador se plantea algunas ideas sobre las funciones que tiene un armario, el uso de la madera, reciclada, el del plástico o el nuevo material, y con base a eso, define el objetivo de diseñar el armario. Otro fundamento importante es la armonía que se busca. Un espacio interior no sólo debe verse bonito, y tener colores agradables a la vista. Cada elemento que compone un espacio debe relacionarse con los demás. Un sillón en una sala de espera debe relacionarse y tener alguna conexión con la mesa de centro. Esta relación puede ser la similitud del acabado de ambos, la ubicación de uno con respecto al otro, etc. Una habitación debe seguir un esquema de colores bien definido. Dentro de estos esquemas tenemos el monocromático, complementario y análogo, y cada uno deriva del círculo cromático.

**Monocromático.-** Es una selección de colores que funcionen bien juntos. Esto es trabajar con un matiz, y la variación de tintes, tonos, y sombras.

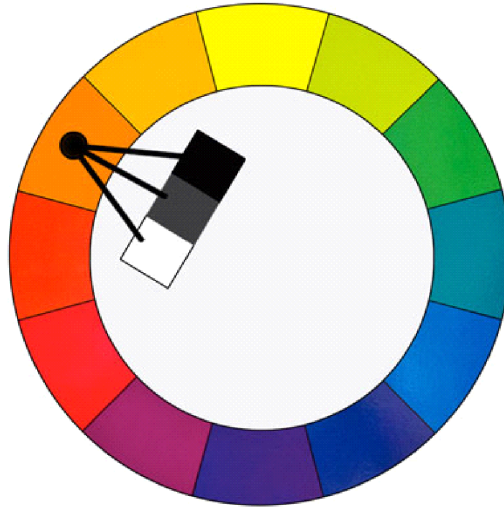


Figura 2.1: Esquema monocromático.[13]

**Complementario.-** Los colores que se encuentran en extremos opuestos del círculo cromático se consideran complementarios. Al combinar estos dos colores, se puede expresar contraste e interés. Son difíciles de usar en grandes cantidades, pero por su contraste son muy buenos para resaltar algo, como un llamado de atención.

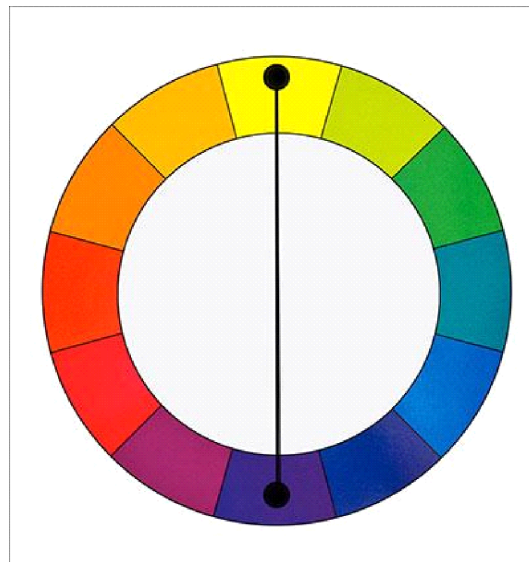


Figura 2.2: Esquema complementario.[13]

**Análogo.-** Los colores que se encuentran al lado en el círculo cromático, son agradables juntos. Son la combinación perfecta, ya que son perfectos para cualquier uso, incluso para resaltar y contrastar un elemento específico sin demasiada interrupción. Como regla general, se debe seleccionar

un color dominante, un segundo color para sustentar, y un tercer color para acentuar.[13]

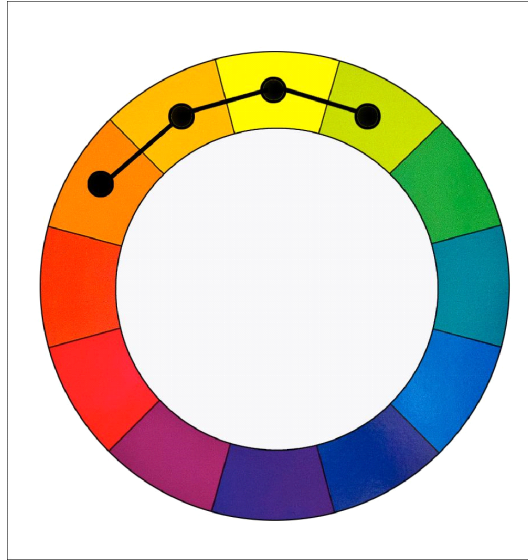


Figura 2.3: Esquema análogo.[13]

## 2.2 Realidad Aumentada

### 2.2.1 Definición

La realidad aumentada (AR) es una aproximación visual interactiva en tiempo real en la cual objetos virtuales son añadidos al entorno real, normalmente en la parte superior de un video, usando gráficos de computadora o móviles.[4]

Básicamente la realidad aumentada se refiere a que imágenes virtuales hechas por computadora sean mezcladas con la vista real para crear una visión con elementos agregados. Su principal fundamento es mezclar la realidad con la realidad virtual. Aunque no sólo se trata de mezclar la realidad virtual, también pueden mezclarse elementos como audio, sensaciones, tacto, olores, y gusto los cuales son superpuestos sobre el mundo real para producir un **entorno de realidad aumentada**. [5] Ésta tecnología no es nueva, tuvo sus orígenes en la década de los 90s[4], y su primer aparición a nivel mundial fue en Octubre de 1998 en The First International Workshop on AR (IWAR'98) en San Francisco[5].

### 2.2.2 Tipos de realidad aumentada

### 2.2.3 Impacto de la realidad aumentada

Desde su aparición en los 90s, la realidad aumentada ha sido una tecnología de punta la cual sólo estaba disponible en algunos laboratorios y de forma remota al público en general.

Más allá de ser una útil técnica de visualización, actualmente es usada en muchos sectores como la ingeniería, la medicina, la robótica, la milicia, la educación, entretenimiento, etc.

La realidad aumentada se ha vuelto una tecnología bastante común, y esto es debido principalmente a la popularidad que tienen los dispositivos inteligentes portátiles (como smartphones y tablets), que ya tienen integradas características como cámaras de video, resolución de alta definición y gran poder computacional que se adecúa al procesamiento de datos relacionados a la realidad aumentada.

Hoy, con el software apropiado, la mayoría de los usuarios de dispositivos inteligentes pueden usar ésta tecnología para múltiples propósitos sin tener que comprar otros dispositivos de costos elevados como los HDM (Head Mounte Displays). Adicionalmente con el anuncio de Google Glasses (AR Glasses), se puede inferir que el siguiente nivel de la realidad aumentada será la implementación de la realidad aumentada en pupilentes. Sin embargo puede asumirse que los dispositivos inteligentes seguirán siendo la herramienta dominante para el propósito general de la realidad aumentada en el futuro.

Como una poderosa herramienta de visualización, la realidad aumentada es aplicable en muchas áreas del diseño. A través de la realidad aumentada, las propuestas de diseño pueden ser examinadas con anticipación. En adición a esto, naturalmente la realidad aumentada mezcla elementos virtuales previamente renderizados con el entorno real, lo cual la convierte particularmente útil para las áreas del diseño que involucran construcción de entornos tales como el diseño urbano, la arquitectura y el diseño de interiores. Al reemplazar una porción del entorno físico con algún modelo tridimensional, la diferencia entre el estatus actual del entorno y el estatus simulado se vuelve evidente, logrando que sea posible previsualizar un diseño, sin necesidad de llevarlo a cabo.

En el campo de la investigación del diseño de interiores, la realidad aumentada ha sido usada para simular objetos dentro de un espacio arquitectónico determinado. Estos objetos a menudo son

muebles, accesorios o aparatos. Con el entorno físico capturado por un dispositivo en tiempo real y procesado de forma visual, el renderizado de objetos 3D es superpuesto.[15]

#### **2.2.4 Plataformas de realidad aumentada para dispositivos móviles**

El impacto y la popularidad de la realidad aumentada han sido tan grandes, que actualmente existen varias plataformas para desarrollar tecnologías que usen realidad aumentada, ya sea para dispositivos móviles como smartphones y tablets, o para dispositivos integradores como los cascos de realidad virtual. Dentro de las plataformas más usadas podemos encontrar:

- Wikitude
- ARKit
- Vuforia
- ARToolKit
- ARCore

## Wikitude

Wikitude es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles, teniendo como principales dispositivos los smartphones, tabletas y gafas inteligentes. Esta plataforma les otorga a los desarrolladores una combinación única de un mundo físico y virtual. Wikitude se apoya de potentes funciones en combinación con la realidad aumentada (AR), actualmente disponibles para los sistemas Android, iOS, Google Glass, Epson Moverio, Vuzix M-100, Optinvent ORA1, PhoneGap, Titanium y Xamarin. Algunas de estas funciones son:[9]

- **Escaneo de objetos para su reconocimiento.**- Wikitude proporciona un escaneo de objetos como muebles a través de la cámara de un dispositivo móvil. Las últimas versiones de Wikitude se apoya de **SLAM Simultaneous Location and Mapping** que permite un escaneo mas amplio como habitaciones.
- **Seguimiento instantáneo.**- La tecnología Instant Tracking hace posible que las aplicaciones de realidad aumentada trabajen sin necesidad de un marcador, Wikitude utiliza SLAM (**Simultaneous Localization and Mapping**) esta tecnología mapea las imágenes obtenidas por la cámara de un dispositivo compatible y generar marcas o puntos característicos.
- **Reconocimiento 2D.**- El reconocimiento de imágenes por parte de Wikitude proporciona a los desarrolladores el cambiar los ángulos, dimensiones y ubicación de las imágenes virtuales dentro del mundo real obtenida por medio de la cámara del dispositivo en tiempo real.
- **Servicios de geolocalización.**- Esta tecnología nos permite combinar la realidad aumentada (AR) combinando datos georreferenciados. Dependiendo del uso que se le de a la aplicación, la ubicación de algo en particular se apoya de la tecnología (GPS sistema de posicionamiento global). Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es Pokemon GO.
- **Reconocimiento multi-imagen.**- Esta función de Wikitude permite el reconocimiento de varias imágenes simultáneamente adquiridas por la cámara del dispositivo. Una vez que se reconocen las imágenes, los desarrolladores pueden manipular modelos 3D y combinarlos con el mundo real, este tipo de reconocimiento múltiple de imágenes se puede usar para brindar interactividad a muchas aplicaciones.
- **Seguimiento extendido.**- Extended Tracking permite a los desarrolladores ir más allá con la manipulación de imágenes y objetos virtuales, los usuarios mejoran su experiencia de realidad aumentada (AR) moviendo libremente sus dispositivos sin la necesidad de mantener un marcador a la vista de la cámara. Esta función de igual forma se apoya de **SLAM**.
- **Reconocimiento en la nube.**- El servicio de reconocimiento en la nube de Wikitude permite a los desarrolladores trabajar con miles de imágenes alojadas en la nube y trabaja con un tiempo de respuesta muy rápido.
- **Aumentado en 3D.**- Esta tecnología cargar y renderiza modelos en 3D sobre la escena proporcionada por la cámara del dispositivo, importando los objetos virtuales desde herramientas de renderizado como **Autodesk, Maya o Blender 3D**, Wikitude trabaja conjuntamente con Unity3D para integrar animaciones por computadora.[16]



Wikitude nos ofrece muchas vertientes para el desarrollo de realidad aumentada (AR), actualmente la convierte en una de las mejores tecnologías posicionadas en el mercado. Esta plataforma se puede instalar desde su pagina oficial, existe una versión de prueba y se puede adquirir la licencia desde 2490 euros.[16]

Algunos de los dispositivos compatibles con Wikitude se muestran en la siguiente tabla.

Marca	Modelo
Google	Nexus 4+
	Nexus 5+
	Nexus 6P
	Nexus 10+
	Google Glass
Epson	Epson Moverio BT-200
Apple	iPhone 4+
	Pad2X
	iPod Touch 5th gen
Vuzix	Vuzix M100
Samsung	Galaxy S2+
	Galaxy S7, Galaxy S7 edge
	Galaxy S8, Galaxy S8+
	Galaxy S9, Galaxy S9+
	Galaxy Tab S4
Sony	Xperia XZ Premium
	Xperia XZ1, Xperia XZ1 Compact
	Xperia XZ2, Xperia XZ2 Compact, Xperia XZ2 Premium

Tabla 2.1: Listado de dispositivos compatibles con Wikitude

## ARKit

ARKit 2 es la plataforma nativa de los sistemas **iOS** para el desarrollo de realidad aumentada (AR). Esta API nos proporciona una experiencia única en los objetos 3D incluyendo reflejos de entorno del mundo real en objetos virtuales brillantes, incluso la capacidad de interactuar con varios usuarios en tiempo real. Actualmente ARKit se encuentra en su versión 2 y con soporte exclusivo para los sistemas **iOS 12** y posteriores.[20]

- **Experiencias de AR compartidas.**- Las aplicaciones de AR ya no están limitadas a una sola persona o dispositivo, actualmente ARKit proporciona experiencias multiusuario como juegos donde las experiencias de realidad aumentada se extienden hasta poder ser participe como un espectador.[20]
- **Experiencias de AR persistentes.**- ARKit proporcionar experiencias de AR persistentes mediante una sesión y sea capaz de reanudarla más adelante, por ejemplo los usuarios pueden iniciar un rompecabezas AR en una mesa y volver a él en el mismo estado que se dejó.[20]
- **Detección y Seguimiento de Objetos.**- Desde su versión 1.5 ARKit agregó soporte para la detección de imágenes 2D, lo que le permite desencadenar una experiencia de realidad aumentada basada en imágenes 2D y aplicarlas en carteles, obras de art, etc. ARKit proporciona un seguimiento dinámico total de imágenes en 2D, de modo que objetos virtuales móviles se podrán observar en nuestro mundo real. ARKit también agrega la capacidad de detectar objetos 3D dentro de un catalogo, como esculturas, juguetes o muebles.[20]
- **Detección y Seguimiento de Objetos.**- Desde su versión 1.5 ARKit agregó soporte para la detección de imágenes 2D, lo que le permite desencadenar una experiencia de realidad

aumentada basada en imágenes 2D y aplicarlas en carteles, obras de art, etc. ARKit 2 proporciona un seguimiento dinámico total de imágenes en 2D, de modo que objetos virtuales móviles se podrán observar en nuestro mundo real. ARKit también agrega la capacidad de detectar objetos 3D dentro de un catalogo, como esculturas, juguetes o muebles.[20]

- **Quick Look en objetos 3D y AR.**- Las experiencias de objetos 3D y realidad aumentada (AR) de forma nativa para **iOS** ofrece una optimización de almacenamiento, usted puede compartir estas experiencias en mensajes, correos, noticias, etc. Con la tecnología **Quick Look** los usuarios ven experiencias detalladas e increíbles, incluyendo reflejos del entorno del mundo real en objetos virtuales.[20]

Marca	Modelo
Apple	iPhone 6
	iPhone 6 Plus
	iPhone 6S
	iPhone 6S Plus
	iPhone 7
	iPhone 7 Plus
	iPhone 8
	iPhone 8 Plus
	iPhone X
	iPad Pro 12.9
	iPad Pro 12.9 (2nd Gen)
	iPad Pro 10.5
	iPad Pro 9.7
	iPad (3rd Gen)
	iPad (4th Gen)
	iPad Air

Tabla 2.2: Listado de dispositivos compatibles con ARKit 2

## Vuforia

Vuforia es una API que integra un motor Unity3D para su desarrollo con realidad aumentada (AR), sus aplicaciones están escritas en C sin embargo es multiplataforma.

Vuforia se apoya de un patron o marca como un objetivo detectable por la aplicación. Vuforia trabaja con la posición y orientación, como marco de referencia utiliza un sistema de coordenadas 2D. Algunas de las funciones mas importantes para entender el alcance de esta librería. [12]

- **Objetivos.-** Un Target es un patrón de características naturales predefinidas por el desarrollador o usuario. El buscador de Vuforia asocia una determinada a una imagen u objeto, a su vez el software necesita saber qué patrones buscar. Para este propósito, los desarrolladores pueden usar el administrador de objetivos de Vuforia, de igual forma ofrece a los desarrolladores un servicio web para crear objetivos a partir de imágenes 2D, cuboides, cilindros y objetos tridimensionales.
- **Rastreo Extendido.-** El rastreo es una función que permite a Vuforia encontrar objetivos utilizando las características específicas y se puede construir un mapa de características que rodean al objetivo a escanear y mantener la detección aunque no esté dentro de la vista de la cámara,
- **Reconocimiento de imágenes.-** Vuforia contiene un administrador de objetivos, se puede definir un objetivo de imagen utilizando cualquier patrón, la composición y la cantidad de características son los factores decisivos en la facilidad con que Vuforia puede detectar un objetivo de imagen.
- **Reconocimiento de Objetos.-** Si bien el reconocimiento de objetos de Vuforia utiliza el seguimiento de funciones naturales en su núcleo, el proceso de creación de objetos objetivos

es bastante diferente en comparación con la creación de objetos de imágenes virtuales. Una imagen contiene características en 2D mediante el análisis de los píxeles del archivo de imagen proporcionado al administrador de destino. Sin embargo, un objeto 3D tiene un tercer eje a considerar. Los objetivos de objeto permiten a los usuarios ver objetos aumentados desde varios ángulos mientras el objeto mantiene su aumento. Antes de aumentar objetos 3D, Vuforia ha desarrollado una aplicación de escaneo que es capaz de obtener los objetos relativamente pequeños usando un cierto "plano de escaneo" sobre el cual se coloca el objeto a escanear, el objeto a ser escaneado sobre el objetivo de la imagen, el escáner de Vuforia puede determinar la coordenada XYZ, representada por un punto verde.

Algunos de los dispositivos compatibles con Vuforia se muestran a continuación.

Marca	Modelo
Samsung	Samsung Galaxy J5 Pro
	Samsung Galaxy S6
	Samsung Galaxy S6 Edge
	Samsung Galaxy S6 Edge+
	Samsung Galaxy A7
	Samsung Galaxy J7 Pro
	Samsung Galaxy S7
	Samsung Galaxy S7 Edge - Exynos
	Samsung Galaxy S7 Edge - Snapdragon
	Samsung Galaxy A8+
	Samsung Galaxy S8
	Samsung Galaxy S8+
	Samsung Galaxy S9
	Samsung Galaxy S9+
	Samsung Galaxy Note 5 – Exynos
	Samsung Galaxy Note 8
	Samsung Galaxy Note 9
	Galaxy Tab S3 9.7
Asus	Asus ZenFone AR
Xiaomi	Xiaomi Redmi 3S
	Xiaomi Redmi Note 3
	Xiaomi Redmi Note 3 Snapdragon
Huawei	Huawei Mate 10
	Huawei Mate 10 Pro
	Huawei P10
	Huawei P10 Lite
	Huawei P20 Lite
	Huawei P20
	Huawei P20 Pro
Motorola	Motorola Moto G4
LG	LG V30
	LG G6
	LG G7
	LG G8
OPPO	OPPO R11
	OPPO R11t
Google	Google Pixel
	Google Pixel XL
	Google Pixel 2
	Google Pixel 2 XL
	Google Nexus 6P
Sony	Xperia Z5
	Xperia XZ
	iPad Air 2
	iPad Mini
	iPad Mini 2
	iPad Mini 3
	iPad Mini 4
	iPhone 5
	iPhone 5c
	iPhone 5s
	iPhone SE

## ARToolKit

ARToolKit es una **API Application Programming Interface** dedicada a la superposición de imágenes generadas por computadora dentro de escenas del mundo real. ARToolKit funciona en tiempo real y con bastante precisión desde la perspectiva del usuario, sus algoritmos de virtualización permiten que calcule el punto de vista del usuario, para que las imágenes virtuales puedan ser integradas al mundo real.[7]

Los métodos que utiliza ARToolKit para visualizar la realidad aumentada (AR) están limitados, esta API necesita escanear una tarjeta marcada especialmente para que calcule matemáticamente el ángulo y perspectiva del objeto virtual.[7]

ARToolkit utiliza métodos de análisis por computadora que a través de esta secuencia de pasos y ayudado de cálculos matemáticos genera la realidad aumentada en su mundo virtual

1. La cámara captura el vídeo del entorno.
2. ARToolKit busca la forma cuadrada de una tarjeta marcada con el objeto AR.
3. Si se encuentra una etiqueta marcada, los algoritmos de visión artificial calculan la posición de la cámara en relación con la marca.
4. La región dentro del cuadrado se transforma utilizando una marca unica que luego se compara en una base de datos,que por coincidencia exacta el marcador se identifica.
5. Una vez que se tiene una coincidencia, la posición de la cámara y la tarjeta con la marca,genera un modelo de gráficos de computadora que extrae de sus registros y sobrepone por encima del video jsto en el punto de esta marca.

**La identificación** El proceso comienza con la imagen de entrada que se transfiere a una imagen binaria, el siguiente paso es encontrar los contornos de la imagen, cuando se encuentran los contornos,son extraídos los cuatro vértices que conectan las líneas y posteriormente se se guardan. De esta información de la etiqueta se adquiere una homografía y sus patrones se comparan con algunos almacenados en la base de datos, para este calculo se necesitan al menos cuatro pares de puntos. La imagen del marcador se transforma en el espacio de la pantalla de la cámara y en comparación con los patrones en el base de datos hasta encontrar la coincidencia de exacta.

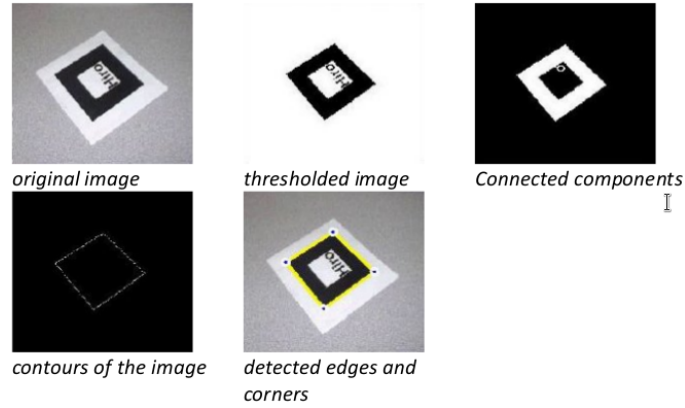


Figura 2.4: Pasos para la identificación de la marca.[13]

**Posicionamiento de la cámara** Para poder representar objetos 3D y posicionados en la parte superior del marcador, la cámara tiene como referencia las coordenadas en tercera dimensión y utiliza operadores matriciales para poder interactuar con la perspectiva y la marca donde se renderizara en objeto deseado. Descripción gráfica de los sistemas de coordenadas para la cámara.

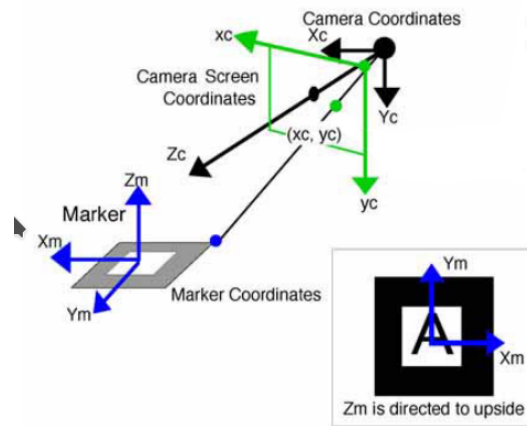


Figura 2.5: Sistema de coordenadas de la camara y la marca.[13]

Cuando nos movemos de posición, la cámara se apoya de un sistema de coordenadas en tercera dimensión en relacion a la posicion absoluta del marcador. La cámara está posicionada en el origen del sistema de coordenadas, mirando a lo largo del eje Z. Dos ejes del sistema de coordenadas del marcador son paralelos a los lados del marcador cuadrado. Los sistemas de coordenadas de cámara y el marcador difieren entre ellos con una rotación y una traslación. Esta relación se puede describir con matrices de la siguiente manera:



$$(Eq. 1) \quad \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} = T_{CM} * \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix}$$

$C = \text{Camera} \quad R = \text{Rotation} \quad X, Y, Z - \text{coordinates}$

$M = \text{Marker} \quad T = \text{Translation} \quad T_{CM} = \text{Transformation matrix from } C \text{ to } M$

Figura 2.6: Sistemas matriciales para la camara y la marca.[13]

$$(Eq. 2) \quad P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ 0 & P_{22} & P_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} hx_c \\ hy_c \\ h \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix}$$

$P = \text{Intrinsic camera parameters}$

$(x_c, y_c) - \text{coordinates of the projection on the camera screen}$

$(X_c, Y_c, Z_c) - 3D\text{-coordinates of points in the camera coordinates.}$

Figura 2.7: La relación entre las coordenadas de la proyección de la cámara y las coordenadas de la posición de la cámara.[13]

Los cálculos que utiliza ARToolKit para las líneas de la marca en pantalla se conocen como parámetros intrínsecos de la cámara desde el contorno del marcador se puede describir de la siguiente manera: Todos los puntos 3D que se proyectarán a estas dos líneas que se observan en la siguiente

$$(Eq. 3) \quad \begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1 &= 0 \\ a_2x + b_2y + c_2 &= 0 \end{aligned}$$

Figura 2.8: Ecuaciones de las lineas generadas entre el marcador y la camara.[13]

imagen. Todos estos puntos en 3D seran proyectados

$$(Eq. 4) \quad \begin{aligned} a_1P_{11}X_c + (a_1P_{12} + b_1P_{22})Y_c + (a_1P_{13} + b_1P_{23} + c_1)Z_c &= 0 \\ a_2P_{11}X_c + (a_2P_{12} + b_2P_{22})Y_c + (a_2P_{13} + b_2P_{23} + c_2)Z_c &= 0 \end{aligned}$$

*Normals for the two planes:*

$$\begin{aligned} n_1 &= (a_1P_{11}, a_1P_{12} + b_1P_{22}, a_1P_{13} + b_1P_{23} + c_1) \\ n_2 &= (a_2P_{11}, a_2P_{12} + b_2P_{22}, a_2P_{13} + b_2P_{23} + c_2) \end{aligned}$$

Figura 2.9: Puntos generados que se proyectan en las lineas paralelas de la ecuación 3.[13]

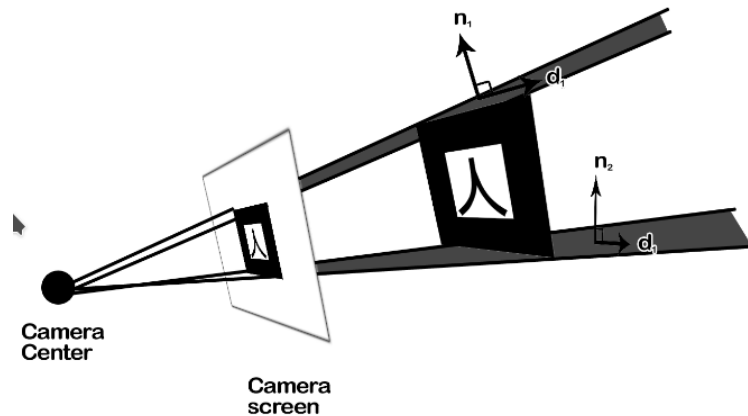


Figura 2.10: Descripción gráfica de los cálculos generados entre cámara y la marca.[13]

ARToolKit utiliza algunas extensiones para su correcto funcionamiento que a continuación se mencionan.

- **OpenGL.**- OpenGL es la API de gráficos 2D y 3D más utilizada por los diseñadores, es una tecnología que esta muy bien documentada la información sobre la implementación de OpenGL en hardware y software.[14]
- **GLUT.**- API con diferentes funciones OpenGL para crear mapas de textura MIP **mipmap** a partir de una imagen. GLUT 1.2 es la versión actual que integra a OpenGL 1.1.[19]

ARToolKit actualmente se encuentra disponibles para plataformas Windows 98, 2000 y XP en adelante, MacOS X y Linux, IRIX (SGI).[19]

## ARCore

ARCore es la plataforma de Google para construir experiencias de realidad aumentada. A través de diferentes APIs, ARCore le da la habilidad a un dispositivo móvil para percibir su entorno, entender el mundo e interactuar con la información. Algunas de nuestras APIs están disponibles a través de Android y iOS para crear experiencias de realidad aumentada compartidas.

ARCore tiene nueve pilares básicos que permiten integrar contenido virtual en el entorno real, por medio de la cámara de un dispositivo móvil:

- **Rastreo de movimiento.**- Cuando el celular se mueve a través del mundo real, ARCore usa un proceso llamado **Odometría concurrente y mapeo** o simplemente **COM**, para entender en qué posición se encuentra con respecto al entorno. ARCore detecta visualmente distintas características en las imágenes capturadas por la cámara para definir puntos llamados **puntos característicos**, a partir de los cuales virtualmente genera una maya de puntos, y los usa para computar el cambio físico de su posición. Esto se combina con mediciones realizadas por el teléfono para determinar la posición y la orientación de la cámara relativa al mundo en tiempo real.
- **Entendimiento ambiental.**- ARCore trata de identificar una maya de puntos coincidentes dentro de una misma superficies, como una mesa, el suelo o un muro, y hace que cada una de estas superficies detectadas esté disponible como un **plano**. ARCore también es capaz de detectar los límites de cada plano y convertir esto en información útil para las aplicaciones, de tal forma que sea posible posicionar objetos virtualmente sobre cada uno de estos planos. Debido a que ARCore usa puntos característicos para detectar planos, superficies sin texturas como paredes blancas pueden no ser detectadas apropiadamente.
- **Estimación de luz.**- ARCore puede detectar información sobre la iluminación del entorno y proveer a la cámara de dispositivo móvil de una corrección de color y gamma, para lograr una imagen óptima. Esta información permite variar la iluminación de una habitación y ver cómo la iluminación también varía en los elementos virtuales, aumentando la sensación de realismo.
- **Interacción con el usuario.**- Una vez que se ha definido la maya de puntos, ARCore permite que el usuario interactue con el entorno visualizado en la cámara del dispositivo. El usuario puede hacer tap, o realizar gestos con los dedos sobre la pantalla del móvil, y ARCore tiene la capacidad de interpretar y transportar éstas acciones al entorno virtual, por ejemplo, el usuario puede agregar un objeto en alguna superficie al tocar la pantalla del dispositivo con el dedo, tras esto se hace un cálculo de las coordenadas relativas X, Y del plano donde se va a agregar el objeto, y finalmente el objeto es mostrado a través de la cámara.
- **Puntos de orientación.**- Los puntos de orientación permiten colocar objetos virtuales en superficies inclinadas. Cuando se está detectando la maya de puntos y se detectan superficies cercanas con diferente ángulo, ARCore se encarga de calcular el ángulo de inclinación de tal superficie.
- **Anclas y rastreables.**- La posición y orientación puede cambiar conforme ARCore mejora su entendimiento del entorno. Cuando se quiere posicionar un objeto virtual, se requiere definir una ancla para asegurar que su posición sea rastreada en tiempo real. Los planos y puntos

son un tipo de objeto especial denominado **rastreable**. Como su nombre sugiere, son objetos que ARCore estará rastreando a lo largo del tiempo. Es posible anclar objetos a rastreables, de tal forma que estos objetos virtuales van a conservar su posición relativa en el mundo, no importando si la cámara se mueve e inclusive si estos salen del foco de visualización.

- **Imágenes aumentadas.**- Las imágenes aumentadas permiten desarrollar aplicaciones de realidad aumentada que puedan responder a imágenes en 2D específicas como paquetes o posters de películas. Los usuarios pueden tener experiencias de realidad aumentada cuando ellos enfocan la cámara del celular a uno de estos elementos, por ejemplo, al enfocar la cámara el póster de una película se puede hacer que un personaje aparezca dentro del entorno virtual, y desaparezca cuando la cámara deje de enfocar a la imagen.
- **Compartir.- Cloud Anchors API**) permite crear experiencias de realidad aumentada colaborativas con otras personas. Con ésta API, un dispositivo puede enviar un ancla y puntos característicos a la nube. Éstas anclas pueden ser compartidas con otros usuarios ya sea de Android o iOS. Esto habilita a las apps para renderizar los mismos objetos 3D asociados a tales anclas, permitiendo a los usuarios tener la misma experiencia de realidad aumentada de forma simultánea

Dado que ARCore es una tecnología nueva (su primer publicación oficial fue en febrero de 2018 y su primer versión estable fue en agosto de 2018) la lista de dispositivos compatibles con ella no es tan amplia. En la *Tabla 2* podemos observar una lista con los dispositivos que actualmente soportan ARCore.[14]

---

Marca	Modelo
ASUS	Zenfone AR
	Zenfone ARES
Google	Nexus 5X
	Nexus 6P
	Pixel, Pixel XL
	PIxel 2, Pixel 2 XL
HDM Global	Nokia 6
	Nokia 6.1 Plus
	Nokia 7 Plus
	Nokia 8
	Nokia 8 Sirocco
Huawei	Honor 10
	nova 3, nova 3i
	P20, P20 Pro
	Porsche Design Mate RS
LG	G6
	G7 ThiQ
	V30, V30+, V30+ JOJO
	V35 ThinQ
Motorola	Moto GS5 Plus
	Moto G6
	Moto G6 Plus
	Moto X4
	Moto Z2 Force
	Moto Z3
	Moto Z3 Play
OnePlus	OnePlus 3T
	OnePlus 5
	OnePlus 5T
	OnePlus 6
Samsung	Galaxy A5
	Galaxy A6
	Galaxy A7
	Galaxy A8, Galaxy A8+
	Galaxy Note8
	Galaxy Note9
	Galaxy S7, Galaxy S7 edge
	Galaxy S8, Galaxy S8+
	Galaxy S9, Galaxy S9+
	Galaxy Tab S4
Sony	Xperia XZ Premium
	Xperia XZ1, Xperia XZ1 Compact
	Xperia XZ2, Xperia XZ2 Compact, Xperia XZ2 Premium

Tabla 2.4: Listado de dispositivos compatibles con ARCore

# Bibliografía

- [1] MONTES DE OCA, IRINA y RISCO, LUCÍA, "Apuntes de diseño de interiores", *Principios básicos de escalas. espacios, colores y más*, primera edicion, ECOE EDICIONES
- [2] "FAQ for designers", *Whats is Interior Design*, Interior Design Legislative Coalition of Pennsylvania (IDLCPA), 2011. Recuperado de: <https://www.idlcpa.org/forms/resources/FAQforDesigners.pdf>
- [3] TAKAHASHI, YOSHIYUKI y MIZUMURA, HIROKO, "Augmented Reality Based Environment Design Support System for Home Renovation", Toyo University, Department of Human Environment Design, Faculty of Human Life Design, Oka 48-1, Asaka-shi, Saitama, 351-8510 Japan
- [4] SILTANEN, SANNI "Diminished reality for augmented reality interior design", Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015. Publicado el: 30 de Noviembre de 2015. DOI: 10.1007/s00371-015-1174-z
- [5] DONGGANG YU1, JESSE SHENG JINA, "A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation and future direction", primera edicion, School of Design, Communication and Information Technology, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia
- [6] BUERLI, MIKE and MISSLINGER, STEFAN, "Introducing ARKit", *Augmented Reality for iOS. Session 602* Recuperado de: [https://devstreaming-cdn.apple.com/videos/wwdc/2017/602pxa6f2vw71ze/602/602\\_introducing\\_arkit\\_augmented\\_reality\\_for\\_ios.pdf?dl=1](https://devstreaming-cdn.apple.com/videos/wwdc/2017/602pxa6f2vw71ze/602/602_introducing_arkit_augmented_reality_for_ios.pdf?dl=1)
- [7] STRANDMARK, PETTER, "Augmented reality with the ARToolKit", Recuperado de: <http://www.maths.lth.se/matematiklth/personal/petter/rapporter/artoolkit4.pdf>
- [8] FUSTER ANDÚJAR, FRANCISCO DE ASÍS, "Aplicación Android de realidad aumentada para mostrar imágenes históricas de lugares turísticos de interés", Tesis. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 2014.
- [9] MONTEIRO, PAULA and NAGELE, ALEKSANDRA, "Wikitude" COMPANY OVERVIEW, Recuperado de: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/wikitude-web-hosting/static-website/2017/07/01728364/Media+page+presentation+-+Wikitude.pdf>
- [10] ASRUL SANI, NISFU, "Google ARCore", Lab Langit 9 - PENS 20-22 de noviembre de 2017. Recuperado de: <http://dphoto.lecturer.pens.ac.id/training/arcore/SONI-ARCORE.pdf>

- [11] KALEDA, YULIYA, "Add Reality to App with ARCore". Recuperado de: [https://downloads.ctfassets.net/2grufn031spf/7AyZDCxxIs0AoOgwOsy0m4/26f89f9d2f346dd3c6a55f5d3e2de96e/Yuliya\\_Kaleda\\_Add\\_Reality\\_To\\_App\\_with\\_ARCore.pdf](https://downloads.ctfassets.net/2grufn031spf/7AyZDCxxIs0AoOgwOsy0m4/26f89f9d2f346dd3c6a55f5d3e2de96e/Yuliya_Kaleda_Add_Reality_To_App_with_ARCore.pdf)
- [12] GRAHN, IVAR, "The Vuforia SDK and Unity3D Game Engine", *Evaluating performance on Android Devices*. Linköping University — Department of Computer and Information, Science Bachelor thesis, 16 ECTS, Computer Science 2017, LIU-IDA/LITH-EX-G-17/059-SE
- [13] VIOLA, ROMINA (11 de mayo de 2016), "Cómo Elegir la Paleta de Colores", *Parte I: Entender el Color*. Spanish Community Champion — Piktochart. [Online] Recuperado de: <https://piktochart.com/es/blog/como-elegir-la-paleta-de-colores-parte-entender-el-color/>
- [14] "ARCore Overview", 2 de agosto de 2018. Recuperado de: <https://developers.google.com/ar/discover/>
- [15] HSU, PEI-HSIEN, HUANG, SHENG-YANG y LIN, BAO-SHUH "Smart-Device-Based Augmented Reality (SDAR) Models to Support Interior Design: Rethinking "Screen" in Augmented Reality", National Chiao Tung University, Taiwan
- [16] "Wikitude Products", 29 de agosto de 2018. Recuperado de: <https://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk/>
- [17] "Artoolkit Documentation", 29 de agosto de 2018. Recuperado de: <https://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/devframework.htm>
- [18] "OpenGL Documentation", 30 de agosto de 2018. Recuperado de: <https://www.opengl.org/documentation/>
- [19] "OpenGL Glut", 30 de agosto de 2018. Recuperado <https://www.opengl.org/resources/libraries/glut/spec3/spec3.html>
- [20] "ARKit Developer", 2 de Septiembre de 2018. Recuperado <https://developer.apple.com/arkit/>
- [21] "ARKit Documentation", 3 de Septiembre de 2018. Recuperado <https://developer.apple.com/documentation/arkit/>
- [22] "Vuforia Supported-devices", 4 de Septiembre de 2018. Recuperado <https://library.vuforia.com/articles/Solution/vuforia-fusion-supported-devices.html>
- [23] Harris, C., (2006), dictionary of architecture and construction (4<sup>a</sup> ed.). New York, EU, McGraw-Hill.
- [24] Medina, V. E., (2003). Forma y composición en la arquitectura desconstruccionista (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid, Esp.
- [25] Kathryn, T.,(2000), feng shui habitación por habitación (12<sup>a</sup> ed.). ES, Urano.