



Instituto Politécnico Nacional  
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias  
Sociales y Administrativas

**Proyecto:**  
UbicAR

6NV67 - Ambientes Virtuales Inmersivos

**Profesor**  
M. en C. José David Ortega Pacheco

**Integrantes del equipo**  
García García Luis Enrique  
González Sabas Luis Ever  
González Velázquez Ángel Omar  
Martínez Albañil Mauricio David  
Sandoval Tovar Héctor Iván

**Fecha de entrega**  
29/11/2025

## **Resumen**

Aquí va el resumen general del documento de trabajo terminal.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto de trabajo . . . . .	1
1.2. Problemática . . . . .	1
1.3. Trabajo previo . . . . .	2
1.3.1. Productos comerciales / soluciones de mercado . . . . .	2
1.3.2. Tesis / trabajos académicos . . . . .	2
1.3.3. Artículos / revisiones científicas . . . . .	3
1.3.4. Implicaciones para UbicAR . . . . .	3
1.4. Solución propuesta . . . . .	4
1.4.1. Diferencias respecto al trabajo previo . . . . .	4
1.4.2. Conclusión . . . . .	5
<b>2. Marco teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Unity . . . . .	6
2.1.1. Ventajas de usar Unity para AR . . . . .	6
2.1.2. Limitaciones de Unity para AR . . . . .	7
2.2. Vuforia . . . . .	7
2.2.1. Funcionalidades . . . . .	7
2.2.2. Comparación con otros SDKs . . . . .	8
2.3. Realidad aumentada . . . . .	8
2.3.1. Evolución de la realidad aumentada . . . . .	9
2.3.2. Elementos de la realidad aumentada . . . . .	9
2.3.3. Tipos de realidad aumentada . . . . .	9
2.3.4. Casos de uso . . . . .	10
<b>3. Requerimientos</b>	<b>11</b>
3.1. Funcionales . . . . .	11
3.2. No funcionales . . . . .	11
<b>4. Arquitectura 4+1</b>	<b>12</b>
4.1. Vista de escenarios . . . . .	12
4.2. Vista de procesos . . . . .	12
4.3. Vista lógica . . . . .	12
4.4. Vista física . . . . .	12
4.5. Vista de despliegue . . . . .	12
4.6. Vista de datos . . . . .	12

# Índice de figuras

# Índice de tablas

# Capítulo 1

## Introducción

En el presente capítulo se abordará la problemática de encontrar las academias de los edificios, así como los salones correspondientes en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas.

### 1.1. Contexto de trabajo

Encontrar un salón dentro de una universidad puede resultar tedioso, confuso y complicado, incluso cuando se cuenta con un listado de aulas y horarios. En muchas ocasiones, la dificultad radica en no saber con precisión dónde se ubican los salones, especialmente si la institución está conformada por varios edificios.

UbicAR surge como una solución práctica a este problema, ofreciendo una forma sencilla y accesible de localizar el aula correspondiente a cada clase. De esta manera, los estudiantes podrán orientarse fácilmente dentro del campus una vez que dispongan de su horario.

Además, UbicAR proporcionará información sobre la ubicación de las academias en cada edificio, los cubículos de los profesores, sus horarios de atención y los salones donde imparten clase, facilitando así la experiencia de navegación dentro de la universidad.

### 1.2. Problemática

En la actualidad, los estudiantes enfrentan diversas dificultades para localizar sus salones dentro de las instalaciones universitarias, especialmente cuando los campus están conformados por varios edificios o áreas con una distribución compleja. Aunque se disponga de listados de horarios y aulas, la falta de una guía visual o de orientación precisa provoca confusión, pérdida de tiempo y retrasos en las actividades académicas.

Asimismo, la ubicación de academias, cubículos de profesores y sus horarios de atención suele ser información dispersa o poco accesible, lo que complica la comunicación y el aprovechamiento de los recursos institucionales.

Por lo tanto, se identifica la necesidad de contar con una herramienta que permita a los estudiantes orientarse fácilmente dentro del campus universitario y acceder de manera rápida y confiable a la información sobre aulas, docentes y espacios académicos.

## 1.3. Trabajo previo

### 1.3.1. Productos comerciales / soluciones de mercado

- **Navigine:** ofrece una solución de navegación interior con AR (“AR Indoor Navigation”) que permite escanear un código QR para acceder a un mapa AR del edificio y obtener rutas interactivas.
- **ARway:** es otra plataforma “white-label” que facilita la creación de mapas interiores + navegación + contenidos AR sin necesidad de codificar, pensada para espacios grandes como campus.
- **NavBuddy:** ofrece navegación interior para campus (“Indoor navigation for campuses... real-time indoor maps, AR directions, floor-to-floor guidance”) orientada a estudiantes, laboratorios, oficinas, etc.

Estas soluciones comerciales muestran que ya existe un mercado -y una necesidad- para la navegación interior en campus universitarios. Sin embargo, muchas veces se centran en la parte técnica de mapeo y rutas, menos en la integración con horarios de clases, aulas, profesores, etc., tal como plantea UbicAR.

### 1.3.2. Tesis / trabajos académicos

- En la tesis “Path planning in augmented reality indoor environments” de Karl Platzer (2017) se propone un algoritmo de planificación de ruta asistido por el campo de visión (FOV) del dispositivo AR, para que la ruta esté siempre dentro del FOV del usuario.
- En “Indoor Navigation with Augmented Reality” (2021) de Zi Wei Ong se construye un sistema de navegación interior en un campus utilizando AR, marcadores, WiFi, BLE, etc., y evalúa técnicas de posicionamiento, coste, precisión.
- En “Indoor Navigation System Using Annotated Maps in Mobile Augmented Reality” de Shu En Chia (2019) se presenta un prototipo de app AR para navegación interior basada en mapas anotados, donde el usuario escanea una imagen de referencia y luego se orienta en la ruta.

Estos trabajos académicos han explorado tecnologías clave para tu proyecto: localización interior, AR, mapeado, rutas en espacios complejos. Es valioso que UbicAR aproveche esas lecciones (por ejemplo, qué técnicas de localización usar, cómo presentar rutas al usuario).

### 1.3.3. Artículos / revisiones científicas

- “Use of Augmented Reality in Human Wayfinding: A Systematic Review” (2023) de Zhiwen Qiu y otros examina 65 estudios sobre AR en navegación humana, analizando estado-del-arte, experiencias de usuario, impacto cognitivo, etc. Concluye que AR tiene gran potencial pero los resultados aún son mixtos.
- “An ARCore-Based Augmented Reality Campus Navigation System” (2021) presenta un sistema que integra navegación interior y exterior en un campus (“Lingang campus of Shanghai University of Electric Power”) usando ARCore y odometría visual inercial.
- En “Indoor Space Recognition using Deep Convolutional Neural Network: A Case Study at MIT Campus” se muestra cómo usar Deep CNN para reconocer espacios interiores a partir de una imagen para navegación.

Estos artículos ofrecen evidencia de que tu proyecto tiene contexto: la combinación AR + navegación interior ya es investigada, hay hallazgos relevantes (ventajas, desafíos). Es importante que UbicAR tenga en cuenta esos desafíos: precisión de localización, experiencia de usuario, integración de ambientes múltiples (edificios, pisos).

### 1.3.4. Implicaciones para UbicAR

A partir de lo anterior, algunas conclusiones útiles para tu proyecto:

- Es viable tecnológicamente implementar navegación interior en campus usando AR y localización, pero la precisión (especialmente en interiores) sigue siendo un reto.
- La experiencia de usuario es muy relevante: el modo en que se muestran rutas, se escanean marcadores, se integran aulas/profesores puede hacer la diferencia.
- Debes investigar la tecnología de localización interior: marcadores, BLE, WiFi, imagen/visión (VPS), SLAM. Ejemplos: el estudio de Chia, el de Platzer, el de Ong.
- También debes considerar cómo mapear múltiples edificios/pisos, ya que muchos trabajos sólo cubren uno o dos pisos. Ejemplo: “XAMKNAV: AR-based multi-floor indoor navigation prototype”.
- Finalmente, la integración con datos académicos (salones, horarios, profesores) es un ámbito que parece menos cubierto en la literatura, lo cual es buena oportunidad.



## 1.4. Solución propuesta

UbicAR es una aplicación diseñada para facilitar la localización y orientación dentro de las instalaciones universitarias mediante el uso de realidad aumentada (AR) y sistemas de navegación interior. Su objetivo principal es ayudar a los estudiantes a encontrar sus salones, academias, cubículos de profesores y demás espacios académicos de manera rápida, visual e intuitiva.

El sistema permitirá al usuario ingresar o vincular su horario de clases, y a partir de ello, mostrarle la ubicación exacta del aula correspondiente dentro del edificio. Además, integrará información adicional como los horarios de atención de los profesores, los espacios de las academias, y las rutas de acceso más convenientes, todo presentado en un entorno aumentado y accesible desde dispositivos móviles.

### 1.4.1. Diferencias respecto al trabajo previo

A diferencia de las soluciones comerciales y académicas revisadas, UbicAR no se limita únicamente a ofrecer navegación interior o mapas interactivos, sino que integra funciones académicas y administrativas propias del entorno universitario, lo que amplía su utilidad práctica.

#### 1. Integración con la vida académica

- Mientras las soluciones previas (como ARway o Navigine) se centran en la orientación espacial, UbicAR enlaza directamente la información de horarios, aulas y docentes, permitiendo al estudiante ubicar sus clases y conocer los datos de contacto y atención de cada profesor.

#### 2. Enfoque institucional y personalizado

- Las aplicaciones comerciales son genéricas y aplicables a diversos entornos (aeropuertos, museos, centros comerciales). En cambio, UbicAR está diseñada específicamente para el contexto universitario, adaptándose a la estructura, edificios y organización interna de una institución educativa.

#### 3. Accesibilidad y simplicidad

- A diferencia de algunos proyectos de investigación que requieren sensores o configuraciones complejas, UbicAR busca aprovechar herramientas accesibles (como cámaras móviles y tecnología ARCore/ARKit), reduciendo costos y facilitando su adopción.

#### 4. Visualización contextual mediante AR

- En lugar de limitarse a un mapa 2D, UbicAR proyectará indicadores virtuales sobre el entorno real, guiando al usuario de forma inmersiva hacia su destino dentro del edificio.

#### 5. Extensión de información institucional

- Además de la navegación, la aplicación incluirá datos sobre ubicación de academias, cubículos de profesores y servicios universitarios, lo cual no es común en las soluciones revisadas.

### **1.4.2. Conclusión**

En resumen, UbiAR se diferencia por combinar navegación interior con información académica personalizada, utilizando la realidad aumentada como medio de orientación intuitivo y accesible. Su enfoque está en mejorar la experiencia de los estudiantes dentro del campus, optimizando tiempo, ubicaciones y comunicación con el personal docente.

# Capítulo 2

## Marco teórico

En el presente capítulo se describen los conceptos teóricos y tecnológicos que sustentan el desarrollo del proyecto. Se abordan temas relacionados con las herramientas y tecnologías utilizadas, así como los fundamentos de la realidad aumentada.

### 2.1. Unity

Unity es una plataforma de desarrollo 3D en tiempo real para compilar aplicaciones 2D y 3D, como juegos y simulaciones, con .NET y el lenguaje de programación C Sharp. El impacto que tiene en el desarrollo de aplicaciones AR es significativo, ya que proporciona un entorno robusto y versátil para crear experiencias inmersivas y atractivas.

#### 2.1.1. Ventajas de usar Unity para AR

Unity ofrece varias ventajas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada:

- **Compatibilidad multiplataforma:** Unity permite desarrollar aplicaciones AR que pueden ejecutarse en múltiples plataformas, como iOS, Android, entre otros, facilitando la distribución y el acceso a una audiencia más amplia.
- **Herramientas integradas:** Unity proporciona herramientas específicas para AR, como AR Foundation, que simplifican la integración de funcionalidades de AR en las aplicaciones.
- **Comunidad activa:** La amplia comunidad de desarrolladores de Unity ofrece recursos, tutoriales y soporte, lo que facilita la resolución de problemas y el aprendizaje continuo.
- **Gráficos avanzados:** Unity ofrece capacidades gráficas avanzadas que permiten crear experiencias visualmente atractivas y realistas en aplicaciones AR.
- **Facilidad de uso:** La interfaz intuitiva de Unity y su sistema de arrastrar y soltar facilitan el desarrollo rápido de prototipos y la iteración en el diseño de aplicaciones AR.

### 2.1.2. Limitaciones de Unity para AR

A pesar de sus ventajas, Unity también presenta algunas limitaciones en el desarrollo de aplicaciones AR, en este caso en la navegación de interiores.

- **Precisión en la localización:** Unity no tiene herramientas nativas de su entorno para la localización precisa en interiores, lo que puede ser un desafío para aplicaciones de navegación.
- **Curva de aprendizaje:** Aunque Unity es accesible, los desarrolladores nuevos pueden enfrentar una curva de aprendizaje significativa, especialmente si no están familiarizados con C Sharp o el desarrollo 3D.
- **Rendimiento:** Las aplicaciones AR pueden ser exigentes en términos de rendimiento, y optimizar las aplicaciones en Unity para dispositivos móviles puede ser un desafío.
- **Consumo de batería:** Las aplicaciones AR desarrolladas en Unity pueden consumir una cantidad significativa de batería en dispositivos móviles, lo que puede afectar la experiencia del usuario.
- **Datos en tiempo real:** Unity no proporciona soluciones integradas para la gestión de datos en tiempo real, lo que puede ser necesario para aplicaciones de navegación en interiores que requieren actualizaciones constantes.

## 2.2. Vuforia

### 2.2.1. Funcionalidades

- **Image Targets:** Vuforia puede reconocer y rastrear imágenes planas, conocidas como marcadores, para superponer contenido digital en el mundo real.
- **Cloud Image Recognition:** Reconocer un gran conjunto de imágenes y actualizar con frecuencia la base de datos con nuevas imágenes. **Bases de datos en la nube frente a dispositivos:** Conozca las diferencias entre los dos tipos de bases de datos y seleccione la solución que mejor se adapte a sus necesidades. **Servicios web de Vuforia:** Con la API de VWS, puede administrar estas grandes bases de datos de imágenes en la nube de manera eficiente y puede automatizar sus flujos de trabajo en su propio sistema de administración de contenido.
- **Model Target:** Permite reconocer objetos por forma utilizando modelos 3D preexistentes. Coloque contenido de realidad aumentada en una amplia variedad de artículos como equipos industriales, vehículos, juguetes y electrodomésticos.
- **Ground Plane:** Permite colocar contenido en superficies horizontales del entorno, como mesas y suelos.
- **VuMarks:** Estos son marcadores personalizados que pueden codificar una variedad de formatos de datos. Admiten tanto la identificación única como el seguimiento de aplicaciones de RA.

- **Integración con Unity:** Vuforia se integra fácilmente con Unity, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones AR utilizando las herramientas y capacidades de Unity.
- **Cámara externa:** Accede a los datos de video desde una cámara fuera de la de un teléfono o tableta al crear experiencias de realidad aumentada. La cámara externa se utiliza en extensión del marco de controladores.
- **Vuforia Fusion:** Diseñado para proporcionar la mejor experiencia de RA posible en una amplia gama de dispositivos. Fusion detecta las capacidades del dispositivo subyacente (como ARKit/ARCore) y las fusiona con las funciones de Vuforia Engine, lo que permite a los desarrolladores confiar en una única API de Vuforia para una experiencia de realidad aumentada óptima.
- **Grabación y reproducción:** Grabe y reproduzca su sesión de RA para probar, experimentar y mejorar su flujo de trabajo de desarrollo de RA con la grabadora de sesiones. Use la API o el GameObject SessionRecorder listo para usar en Unity para registrar sus destinos de Vuforia y continuar desarrollando incluso cuando esos destinos o espacios no estén disponibles.

### 2.2.2. Comparación con otros SDKs

- **ARKit y ARCore:** Mientras que ARKit (iOS) y ARCore (Android) se centran en el reconocimiento de superficies y la detección de planos, Vuforia destaca en el reconocimiento de imágenes y objetos, ofreciendo una mayor variedad de opciones para desarrolladores.
- **Wikitude:** Wikitude es otro SDK popular que ofrece funcionalidades similares a Vuforia. Sin embargo, Vuforia es conocido por su facilidad de uso y su integración con Unity, lo que lo hace más accesible para desarrolladores principiantes.
- **EasyAR:** EasyAR es una alternativa más económica a Vuforia, pero puede carecer de algunas funcionalidades avanzadas que Vuforia ofrece, como el soporte para Model Targets y VuMarks.
- **Kudan:** Kudan es otro SDK de RA que se centra en el reconocimiento de imágenes y el seguimiento. Sin embargo, Vuforia ofrece una gama más amplia de funcionalidades y una comunidad de desarrolladores más grande.

## 2.3. Realidad aumentada

La realidad aumentada se refiere a la integración en tiempo real de información digital en el entorno del usuario. La tecnología de realidad aumentada superpone elementos virtuales, enriqueciendo la percepción del mundo real. Esta tecnología se utiliza en diversas aplicaciones, desde juegos y entretenimiento hasta educación, medicina y comercio. La realidad aumentada puede implementarse a través de dispositivos como smartphones, tabletas, gafas inteligentes y cascos de realidad aumentada, permitiendo a los usuarios interactuar con el contenido digital de manera intuitiva y enriquecedora.

### 2.3.1. Evolución de la realidad aumentada

La realidad aumentada ha evolucionado significativamente desde sus inicios en la década de 1960. Inicialmente, la tecnología era limitada y costosa, utilizada principalmente en entornos militares y de investigación. Con el avance de la tecnología informática y la miniaturización de los dispositivos, la realidad aumentada se ha vuelto más accesible y versátil. En la década de 1990, se desarrollaron las primeras aplicaciones comerciales de realidad aumentada, aunque su adopción fue limitada debido a las restricciones tecnológicas de la época. En la década de 2000, la popularización de los smartphones impulsó su adopción masiva. Hoy en día, la realidad aumentada se integra en diversas industrias, desde la educación hasta el comercio, y continúa evolucionando con avances en inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes.

### 2.3.2. Elementos de la realidad aumentada

Los elementos clave de un sistema de realidad aumentada incluyen:

- **Dispositivo de visualización:**
- **Cámara:**
- **Hardware:**
- **Software:**
- **Marcador:**

### 2.3.3. Tipos de realidad aumentada

Hay dos tipos fundamentales de realidad aumentada:

- **Por marcadores.**

Superpone contenido digital a un activador físico (es decir, un marcador), que puede ser una imagen, un objeto o un código QR. Cuando la cámara del dispositivo detecta el marcador, el software de realidad aumentada reconoce el patrón y proyecta el contenido virtual en la posición del marcador. Este tipo de realidad aumentada es común en aplicaciones educativas y de entretenimiento, donde los usuarios pueden interactuar con modelos 3D, animaciones o información adicional al escanear un marcador específico. Dado que se pueda acceder a este tipo de realidad aumentada en cualquier momento y desde cualquier dispositivo, es el modelo de realidad aumentada más flexible y accesible.

- **Sin marcadores.**

En contraparte, no requiere de un activador físico. Este tipo se basa en sensores del dispositivo como GPS, acelerómetros y giroscopios para determinar la posición y orientación del usuario en el espacio. Al analizar el entorno físico del usuario, a menudo con algoritmos y visión artificial, estos sistemas de realidad aumentada determinan dónde colocar el contenido digital. Lo que permite una experiencia más espontánea y dinámica.

#### 2.3.4. Casos de uso

- **Educación:** La realidad aumentada se utiliza para crear experiencias de aprendizaje interactivas, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos complejos a través de visualizaciones 3D y simulaciones.
- **Medicina:** En el campo de la medicina, la realidad aumentada ayuda a los cirujanos a visualizar estructuras anatómicas durante procedimientos quirúrgicos, mejorando la precisión y reduciendo riesgos.
- **Comercio:** Las aplicaciones de realidad aumentada permiten a los clientes probar productos virtualmente antes de comprarlos, como muebles o ropa, mejorando la experiencia de compra.
- **Juegos:** Juegos utilizan la realidad aumentada para crear experiencias inmersivas que combinan el mundo real con elementos digitales.
- **Turismo:** La realidad aumentada en aplicaciones turísticas proporciona información adicional sobre lugares históricos y culturales, enriqueciendo la experiencia del visitante.

# Capítulo 3

## Requerimientos

### 3.1. Funcionales

Requerimientos funcionales	Descripción
RF001: Guía visual en tiempo real	Mostrar flechas en el entorno real para dirigir al alumno
RF002: Mapas interactivos	Proporcionar un mapa 3D del edificio que el usuario puede consultar en cualquier momento, con su posición marcada
RF003: Detección de ubicación en interiores	Usar la realidad aumentada para determinar la ubicación del usuario

### 3.2. No funcionales



# Capítulo 4

## Arquitectura 4+1

- 4.1. Vista de escenarios
- 4.2. Vista de procesos
- 4.3. Vista lógica
- 4.4. Vista física
- 4.5. Vista de despliegue
- 4.6. Vista de datos