

Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE MÀSTER



ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Elkin Albeiro Pérez Ricard

**Titulació:** Màster en Disseny d'Experiència d'Usuari

**Títol de Treball Final de Màster:** Evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) en Técnicas de Marker Tracking: Optimización mediante Métodos de Diseño Centrado en el Usuario en Casos Prácticos Gastronómicos

**Director/a:** PhD. Antoni Granollers

**Co director/a:** PhD. Camilo Andrés Andrade Ojeda

**Presentació**

**Mes:** Juliol

**Any:** 2025

**Evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) en Técnicas de Marker Tracking:  
Optimización mediante Métodos de Diseño Centrado en el Usuario en Casos Prácticos  
Gastronómicos**

Elkin Albeiro Pérez Ricard

Director.

PhD. Antoni Granollers

Co Director.

PhD. Camilo Andrés Andrade Ojeda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia / Universidad de Lleida

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Maestría en Diseño de Experiencia de Usuario

2025

**Nota de Aceptación**

Antoni Granollers Saltiveri

Nombre Director de Trabajo de Grado

PhD. Gustavo Eduardo Constaín Moreno

Jurado No.1

PhD. Sergio Sayago Barrantes

Jurado No.2

## **Dedicatoria**

A toda mi familia, y en especial a mi esposa e hija, Elka Marianne, por ser mi mayor inspiración y fortaleza.

## **Agradecimientos**

A Dios, por brindarme la sabiduría, fortaleza y constancia para superar cada etapa de este proceso académico. Su presencia ha sido luz y guía en los momentos más desafiantes. A mi familia, por su amor incondicional y apoyo constante. En especial a mi esposa e hija, Elka Marianne, por ser mi mayor fuente de inspiración, motivación y alegría. A los docentes que formaron parte de este camino, por compartir sus conocimientos y fomentar en mí una visión crítica y reflexiva del diseño centrado en el usuario. Especialmente al profesor Toni Granollers, por toda su paciencia, dedicación y compromiso durante el desarrollo de este proyecto, y por ser un referente académico y humano. Al profesor Gustavo Constain Moreno, por sus metodologías, apoyo constante y por impulsarme cada día a dar lo mejor de mí y a creer en mi potencial. A todos, gracias por hacer posible la culminación de este sueño.

## Resumen

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología emergente que integra elementos virtuales en el entorno físico, enriqueciendo la interacción de los usuarios. Dentro de este campo, la técnica de *Marker Tracking* resulta fundamental, ya que permite reconocer y rastrear marcadores físicos para superponer objetos digitales en tiempo real. No obstante, su efectividad presenta limitaciones que afectan negativamente la experiencia de usuario (UX), entre ellas la precisión en la detección, la estabilidad de los elementos virtuales y la dependencia de condiciones específicas de iluminación y posicionamiento.

El objetivo de esta investigación es evaluar y optimizar la UX en aplicaciones de RA basadas en *Marker Tracking*, aplicando métodos de diseño centrado en el usuario (DCU) en casos prácticos. Mediante un enfoque metodológico mixto, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas, se identificaron los principales problemas de usabilidad y se implementaron mejoras dirigidas a aumentar la precisión, la estabilidad y la facilidad de uso de la técnica.

Los resultados evidencian que la aplicación de métodos de DCU mejora significativamente la UX en entornos de RA, al incrementar la satisfacción del usuario y optimizar la interacción. Asimismo, se promueve una adopción más amplia de esta tecnología en diversos sectores, como el comercio, la educación y el entretenimiento. Finalmente, el estudio propone recomendaciones orientadas al desarrollo de aplicaciones de RA más accesibles e inclusivas, ofreciendo directrices para crear experiencias enriquecedoras basadas en *Marker Tracking*.

**Palabras claves:** Realidad Aumentada (RA), Experiencia de Usuario (UX), Marker Tracking, Diseño Centrado en el Usuario (DCU), Interacción usuario-tecnología, Usabilidad,

Evaluación de UX, Precisión y estabilidad en RA, Tecnologías emergentes, Aplicaciones prácticas en RA.

## Abstract

Augmented Reality (AR) is an emerging technology that integrates virtual elements into the physical environment, enriching user interaction. Within this field, the Marker Tracking technique is fundamental, as it allows physical markers to be recognized and tracked to superimpose digital objects in real time. However, its effectiveness has limitations that negatively affect the user experience (UX), including detection accuracy, the stability of virtual elements, and the dependence on specific lighting and positioning conditions.

The objective of this research is to evaluate and optimize the UX in AR applications based on Marker Tracking, applying user-centered design (UCD) methods in practical cases. Through a mixed methodological approach, combining qualitative and quantitative techniques, the main usability issues were identified, and improvements were implemented to increase the accuracy, stability, and ease of use of the technique.

The results show that the application of UCD methods significantly improves the UX in AR environments, by increasing user satisfaction and optimizing interaction. It also promotes broader adoption of this technology in various sectors, such as commerce, education, and entertainment. Finally, the study proposes recommendations for developing more accessible and inclusive AR applications, offering guidelines for creating enriching experiences based on Marker Tracking.

**Keywords:** Augmented Reality (AR), User Experience (UX), Marker Tracking, User-Centered Design (UCD), User-Technology Interaction, Usability, UX Evaluation, Accuracy and Stability in AR, Emerging Technologies, Practical Applications in AR.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	17
Descripción del Problema .....	19
Planteamiento del problema.....	20
Justificación .....	21
Objetivos .....	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	24
Marco de Referencia.....	25
Marco Legal .....	25
Ley 1581 de 2012 – Protección de Datos Personales .....	26
Resolución 8430 de 1993 – Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud .....	26
Ley 23 de 1982 – Sobre Derechos de Autor .....	27
Ley 1341 de 2009 – Promoción y regulación del uso de las TIC .....	27
Ley 527 de 1999 – Mensajes de Datos, Firmas Electrónicas y Comercio Electrónico .....	28
Antecedentes y acontecimientos históricos .....	28
Marco Teórico.....	30
Paradigmas de interacción .....	30
Tecnologías Inmersivas .....	31
Realidad Aumentada.....	36
Tipos de Realidad Aumentada .....	39
Tipos de tracking en RA .....	44

	10
Aplicaciones de la Realidad Aumentada .....	46
Característica de varias plataformas y frameworks de Realidad Aumentada.....	52
Principales amenazas para la Realidad Aumentada.....	54
Marker Tracking .....	56
Tecnologías que se usan en el Marker tracking .....	57
Interacción Humano Computador (IHC) .....	60
Principios de la IHC para construir aplicaciones .....	61
Aplicaciones de la IHC .....	64
IHC y Tecnologías Emergentes .....	66
Usabilidad .....	68
Accesibilidad.....	69
Relación entre la Usabilidad y la Accesibilidad en el Diseño de Interacción .....	70
Experiencia de Usuario (UX).....	71
La experiencia de usuario en realidad aumentada. ....	74
Principios y Componentes clave de UX .....	76
Diseño centrado en el Usuario (DCU) .....	80
Métodos y técnicas de aplicación. ....	82
Las fases del proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) .....	84
Evaluación de la Experiencia de Usuario .....	85
Evaluación Heurística .....	86
Test de usuarios.....	87
Cuestionario SUS (System Usability Scale).....	89
Aplicaciones de la Realidad Aumentada en contextos prácticos.....	91

Realidad Aumentada en gastronomía y menús interactivos .....	91
UX en experiencias inmersivas.....	92
Metodología de investigación.....	94
Enfoque Metodológico.....	94
Tipo y diseño de investigación .....	94
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	94
Análisis de datos .....	96
Consideraciones éticas .....	96
Caso práctico: Carta de RA Comidas Rápidas .....	97
Descripción del caso práctico y objetivos.....	97
Diseño del prototipo.....	98
Estructura visual del menú impreso .....	99
Prototipado de la experiencia RA .....	101
Herramientas tecnológicas utilizadas.....	101
Niveles de fidelidad del prototipo.....	102
Iteraciones de diseño y mejoras según DCU .....	106
Criterios de diseño para la colocación de QR.....	115
Implementación del prototipo funcional.....	116
Evaluación de la Experiencia de Usuario .....	118
Diseño del protocolo de pruebas.....	118
Aplicación de la evaluación heurística .....	122
Herramienta utilizada para la evaluación heurística .....	124
Análisis de los resultados de la evaluación heurística .....	132

Pruebas de usuario (observación, tareas, tiempos) .....	133
Evaluación de la Usabilidad Percibida mediante el Cuestionario SUS .....	157
Conclusiones .....	163
Recomendaciones. ....	164
Referencias.....	166
Anexos .....	172

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Tipos de tecnologías inmersivas</i> .....	32
<b>Figura 2</b> <i>Ejemplo de dispositivos HDM</i> .....	34
<b>Figura 3</b> <i>SAR</i> .....	35
<b>Figura 4</b> <i>Seguimiento de marcadores y sin marcadores</i> .....	37
<b>Figura 5</b> <i>Avances de la realidad aumentada a lo largo del tiempo durante los últimos 60 años</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Realidad Aumentada con Unity y Vuforia</i> .....	40
<b>Figura 7</b> <i>Pokémon Go</i> .....	41
<b>Figura 8</b> <i>Realidad Aumentada basada en Proyección</i> .....	42
<b>Figura 9</b> <i>Realidad Aumentada en la App de IKEA</i> .....	43
<b>Figura 10</b> <i>Aplicación de realidad aumentada del restaurante Vida&amp;Comida</i> .....	47
<b>Figura 11</b> <i>Captura de la aplicación de realidad aumentada de la hamburguesería Bareburger</i> .....	48
<b>Figura 12</b> <i>Imagen de la aplicación de realidad aumentada de Kabaq</i> .....	49
<b>Figura 13</b> <i>Suculento menú en Realidad Aumentada</i> .....	50
<b>Figura 14</b> <i>Moda y tradición: simbolismo de la vestimenta del papa en realidad aumentada</i> ....	51
<b>Figura 15</b> <i>Elementos de la experiencia de usuarios</i> .....	79
<b>Figura 16</b> <i>Heurísticas de usabilidad de Nielsen aplicadas al diseño de interfaces</i> .....	87
<b>Figura 17</b> <i>Prototipo de baja fidelidad</i> .....	103
<b>Figura 18</b> <i>Prototipo de mediana fidelidad</i> .....	104
<b>Figura 19</b> <i>Prototipo de alta fidelidad</i> .....	105
<b>Figura 20</b> <i>Interfaz de desarrollo mywebar</i> .....	111

<b>Figura 21</b> <i>Desarrollo final realidad aumentada</i> .....	112
<b>Figura 22</b> <i>Visualización de productos en ra en el sitio web “Delicias Burguer by Elka”</i> .....	114
<b>Figura 23</b> <i>Lista de los 15 principios heurísticos utilizados</i> .....	125
<b>Figura 24</b> <i>Resultados de la evaluación heurística del evaluador uno</i> .....	127
<b>Figura 25</b> <i>Resultados de la evaluación heurística del evaluador dos</i> .....	128
<b>Figura 26</b> <i>Resultados de la evaluación heurística del evaluador tres</i> .....	129
<b>Figura 27</b> <i>Resultados de la evaluación heurística por parte de los tres evaluadores</i> .....	130
<b>Figura 28</b> <i>Tiempo total por usuario en minutos</i> .....	139
<b>Figura 29</b> <i>Frecuencia de respuestas por tipo de producto</i> .....	140
<b>Figura 30</b> <i>Elección de la tarea uno</i> .....	142
<b>Figura 31</b> <i>Elección de la tarea dos</i> .....	143
<b>Figura 32</b> <i>Elección de la tarea tres</i> .....	145
<b>Figura 33</b> <i>Resultados del test de usabilidad: tiempos por tarea y decisiones de los usuarios.</i>	147
<b>Figura 34</b> <i>Distribución de los puntajes obtenidos por cada usuario en el cuestionario System Usability Scale (SUS)</i> .....	158
<b>Figura 35</b> <i>Clasificación del puntaje SUS obtenido según la escala de interpretación de Bangor</i> .....	160

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparativo de los Tipos de Tracking en Realidad Aumentada (RA)</i> .....	44
<b>Tabla 2</b> <i>Características de las herramientas utilizadas para el desarrollo de la Realidad Aumentada</i> .....	52
<b>Tabla 3</b> <i>Clasificación de métodos y técnicas según las fases del Diseño Centrado en el Usuario (DCU)</i> .....	83
<b>Tabla 4</b> <i>Fases del proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU)</i> .....	85
<b>Tabla 5</b> <i>Características de las versiones de MyWebAR</i> .....	113
<b>Tabla 6</b> <i>Diseño de la evaluación heurística</i> .....	120
<b>Tabla 7</b> <i>Diseño del test con usuarios</i> .....	120
<b>Tabla 8</b> <i>Tareas definidas para evaluar las funcionalidades del menú en realidad aumentada</i>	135
<b>Tabla 9</b> <i>Distribución de usuarios eficientes e ineficientes por tarea según tiempo ideal</i> .....	148
<b>Tabla 10</b> <i>Resultados cuantitativos individuales de los usuarios en el desarrollo de las tareas</i>	149
<b>Tabla 11</b> <i>Detalle de las respuestas por cada ítem del cuestionario SUS para cada participante</i> .....	159

**Lista de Anexos**

<b>Anexo A</b>	<i>Formato de consentimiento informado para los participantes en el test de usuario..</i>	172
<b>Anexo B</b>	<i>Modelo del correo formal enviado a los evaluadores en la evaluación heurística ....</i>	174
<b>Anexo C</b>	<i>Enlace de acceso a la herramienta de la evaluación heurística.....</i>	175

## Introducción

La Realidad Aumentada (RA) ha ganado un papel protagónico en la transformación digital de la interacción usuario-tecnología, permitiendo fusionar el mundo físico con elementos virtuales para enriquecer la percepción y el entendimiento del entorno.

Esta tecnología ha tenido un crecimiento notable en sectores como el comercio, la educación, el diseño y el entretenimiento, donde ha facilitado experiencias inmersivas e innovadoras que mejoran significativamente la interacción del usuario. Dentro de esta revolución tecnológica, la técnica de Marker Tracking destaca por su capacidad para detectar, rastrear y superponer gráficos digitales sobre marcadores físicos, lo que permite una experiencia aumentada que responde a movimientos y gestos en tiempo real.

No obstante, aunque el Marker Tracking ha abierto nuevas posibilidades en la interacción usuario-tecnología, su implementación enfrenta desafíos de usabilidad y experiencia de usuario (UX). Los usuarios se encuentran con problemas como la falta de precisión en el reconocimiento de los marcadores, dificultades para la correcta alineación y estabilidad de los gráficos digitales, y la necesidad de condiciones específicas de iluminación o posicionamiento para que la tecnología funcione adecuadamente. Estos problemas no solo afectan la efectividad de la interacción, sino también la satisfacción y la percepción general del usuario frente a la tecnología.

La presente investigación se centra en la evaluación y optimización de la UX en técnicas de Marker Tracking, aplicando un enfoque de diseño centrado en el usuario (DCU) en casos prácticos para identificar y solucionar los problemas que afectan la experiencia de usuario. Este estudio no solo busca contribuir al campo de la RA mediante el perfeccionamiento de una

técnica clave como el Marker Tracking, sino también ofrecer pautas y recomendaciones que permitan desarrollar aplicaciones más accesibles, intuitivas y satisfactorias para el usuario final.

## Descripción del Problema

La realidad aumentada (RA) permite superponer contenido digital sobre el mundo físico, enriqueciendo la percepción del entorno. Una de las técnicas más utilizadas para lograr esta integración es el *Marker Tracking* (MT), que emplea marcadores visuales —como códigos o imágenes impresas— para detectar la posición y orientación en el espacio donde debe proyectarse el contenido digital.

Aunque es ampliamente utilizada en aplicaciones interactivas, esta técnica enfrenta múltiples desafíos que impactan negativamente la experiencia de usuario (UX). Entre los problemas más comunes se encuentran la falta de precisión en la detección de marcadores, la inestabilidad al superponer objetos virtuales en el entorno físico, y la dificultad para mantener una interacción intuitiva y sin fricciones.

La falta de precisión en el Marker Tracking puede hacer que los gráficos digitales aparezcan desalineados o inestables, lo cual interrumpe la experiencia y genera frustración en el usuario. Además, muchos sistemas de MT requieren que los usuarios mantengan condiciones de iluminación específicas y que el marcador permanezca en una posición fija o con un ángulo preciso, lo cual puede resultar poco práctico en aplicaciones de la vida real. Estos problemas limitan la adopción de aplicaciones basadas en Marker Tracking, reduciendo su efectividad y el valor que ofrecen a los usuarios en sectores como el comercio, la educación y el entretenimiento y especialmente, el ámbito gastronómico.

### **Planteamiento del problema**

¿Cómo se puede mejorar la técnica de Marker Tracking en términos de experiencia de usuario mediante la aplicación de métodos de diseño centrado en el usuario en casos prácticos gastronómicos?

## Justificación

La técnica de Marker Tracking es una herramienta esencial en el ámbito de la Realidad Aumentada (RA), especialmente en aplicaciones gastronómicas como los menús interactivos en restaurantes, debido a su capacidad para habilitar interacciones avanzadas entre elementos físicos y virtuales. Al permitir que dispositivos de RA detecten y rastreen objetos o marcadores específicos, esta tecnología facilita experiencias inmersivas que mejoran la interacción en aplicaciones prácticas de RA en sectores como el comercio, la educación, la salud, y el entretenimiento. Sin embargo, a pesar de su potencial, el Marker Tracking enfrenta importantes limitaciones en términos de experiencia de usuario (UX), que restringen su adopción masiva y su efectividad en el mercado actual. Los problemas frecuentes de precisión en la detección, estabilidad en la superposición de elementos virtuales y condiciones ambientales óptimas representan barreras que, si no se superan, pueden minar la confianza y satisfacción del usuario con la tecnología de RA.

Para que el *Marker Tracking* alcance su potencial en el mercado y ofrezca beneficios a los usuarios, resulta crucial mejorar su experiencia de uso mediante un enfoque centrado en el usuario. Esta perspectiva permite adaptar la tecnología no solo a los requerimientos técnicos, sino también a las expectativas, capacidades y comportamientos reales de los usuarios finales. Una experiencia de usuario mejorada proporciona una interacción más intuitiva y fluida, donde las personas pueden ejecutar actividades en realidad aumentada de manera natural, sin requerir conocimientos técnicos avanzados ni condiciones estrictas. De este modo, al aplicar principios del diseño centrado en el usuario, las aplicaciones basadas en *Marker Tracking* pueden brindar experiencias más satisfactorias, funcionales y adaptadas a contextos cotidianos.

La relevancia de esta investigación radica en que aborda una problemática ampliamente documentada: la realidad aumentada (RA), a pesar de su potencial, enfrenta **limitaciones importantes de efectividad y aceptación** en su aplicación práctica en múltiples sectores. Diversos estudios han evidenciado que la RA aún presenta **problemas de precisión técnica, baja estabilidad en entornos reales y dificultades de interacción**, lo cual impacta negativamente la experiencia de usuario (UX) y restringe su adopción (Syed et al., 2022; Dey et al., 2018; Devagiri et al., 2022).

En entornos de aplicación práctica —como la educación, el comercio o la visualización de productos—, diversos estudios han demostrado que la experiencia de usuario (UX) es un factor determinante en la adopción de tecnologías emergentes. Según Jerald (2015), una UX deficiente en sistemas inmersivos puede generar rechazo, reducir la utilidad percibida y limitar el compromiso del usuario. De igual forma, investigaciones recientes señalan que las fallas en la estabilidad, precisión y facilidad de uso en experiencias de RA impactan negativamente su aceptación y uso continuado (Billinghurst et al., 2015; Radu, 2014).

En este contexto, al mejorar la UX del Marker Tracking, este estudio contribuye a ampliar las posibilidades de aplicación de la RA, mitigando barreras de uso que podrían disuadir a los usuarios de adoptar esta tecnología en contextos cotidianos.

Además, la optimización del Marker Tracking tiene un impacto directo en el desarrollo de aplicaciones de RA más robustas y funcionales, que puedan aplicarse en contextos de alta precisión y exigencia, como la medicina o la ingeniería. En estos casos, la estabilidad y precisión son fundamentales para que la tecnología sea confiable y segura, y una UX de alta calidad es esencial para garantizar que los usuarios puedan interactuar de manera eficaz y sin frustraciones. La presente investigación no solo añade valor al campo de la RA al proponer mejoras técnicas y

prácticas, sino que también enriquece el área de UX al explorar pautas de diseño centrado en el usuario aplicables a tecnologías emergentes. Estas pautas podrán servir como base para futuros desarrollos en RA y otras tecnologías interactivas.

En conclusión, este estudio busca establecer una conexión fundamental entre la tecnología de Marker Tracking y el diseño centrado en el usuario, logrando así avances en UX que fomenten una mayor aceptación y aprovechamiento de la RA en sectores como el educativo, comercial y gastronómico. Al proporcionar un marco de optimización para la UX en Marker Tracking, esta investigación se convierte en una contribución significativa tanto para la industria tecnológica como para el diseño UX, ofreciendo una base de conocimientos para la creación de aplicaciones de RA que se adapten mejor a las necesidades y expectativas del usuario final.

## Objetivos

### Objetivo General

Mejorar la técnica de *Marker Tracking* en aplicaciones prácticas gastronómicas mediante la evaluación y optimización de la experiencia de usuario, utilizando métodos de Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

### Objetivos Específicos

Evaluar la experiencia de usuario actual en aplicaciones de RA que emplean técnicas de Marker Tracking en contextos gastronómicos, identificando los principales factores de satisfacción y frustración de los usuarios.

Identificar los problemas específicos de interacción que afectan negativamente la UX en técnicas de Marker Tracking, como la precisión y estabilidad de los marcadores.

Aplicar métodos de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) para desarrollar mejoras en la técnica de *Marker Tracking* en experiencias gastronómicas, con el objetivo de aumentar la usabilidad y la calidad percibida de la experiencia por parte de los usuarios.

Validar las mejoras implementadas mediante pruebas con usuarios, evaluando la efectividad, eficiencia y satisfacción en la interacción con la aplicación, según los criterios de usabilidad establecidos en la norma ISO 9241-11.

## Marco de Referencia

Este proyecto explora la base teórica y estudios previos que sustentan esta investigación:

**Teoría de la Experiencia de Usuario (UX):** Se analizarán modelos de UX, tales como el modelo de Facetas de UX de Peter Morville, que identifican factores claves como la utilidad, usabilidad, accesibilidad y valor percibido, los cuales son esenciales para optimizar la interacción con aplicaciones de RA que utilizan Marker Tracking.

**Tecnología de Marker Tracking:** Una revisión sobre el funcionamiento, la evolución, y las limitaciones de la tecnología de Marker Tracking, resaltando las mejoras alcanzadas en aplicaciones interactivas de RA y los retos actuales en términos de precisión y estabilidad.

**Diseño Centrado en el Usuario (DCU):** Un análisis de las metodologías de diseño centrado en el usuario que resultan aplicables a tecnologías interactivas y emergentes, como entrevistas, pruebas de usabilidad, y retroalimentación iterativa, que permitan optimizar la experiencia del usuario en aplicaciones de Marker Tracking.

**Aplicaciones Prácticas de Marker Tracking:** Estudios de caso y aplicaciones en sectores como la educación, el comercio y el diseño, que ilustran el uso del Marker Tracking en contextos reales y ofrecen insights sobre cómo esta técnica puede mejorarse para casos específicos.

## Marco Legal

El presente trabajo de investigación titulado “Evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) en Técnicas de Marker Tracking: Optimización mediante Métodos de Diseño Centrado en el Usuario en Casos Prácticos” se fundamenta legalmente en una serie de normas colombianas que regulan aspectos esenciales para el desarrollo ético, técnico y jurídico del proyecto. Estos

aspectos incluyen la interacción con seres humanos, el tratamiento de datos personales, el uso de tecnologías emergentes, y la creación de contenido digital protegido por derechos de autor. A continuación, se describen las principales leyes aplicables:

### ***Ley 1581 de 2012 – Protección de Datos Personales***

Esta ley establece el régimen general de protección de los datos personales en Colombia. Define los principios, derechos y procedimientos aplicables al tratamiento de información personal por parte de personas naturales o jurídicas. Establece que toda recolección de datos debe contar con el consentimiento libre, previo, informado y expreso del titular, y que los datos sólo pueden ser utilizados para los fines autorizados.

En esta investigación se recolectarán datos personales como edad, opiniones y desempeño durante la interacción con un prototipo RA. La Ley 1581 garantiza que esta información sea utilizada únicamente con fines académicos y que se respeten los principios de confidencialidad, finalidad y legalidad.

### ***Resolución 8430 de 1993 – Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud***

Emitida por el Ministerio de Salud, esta resolución regula las condiciones éticas en las investigaciones que involucren la participación de seres humanos. Aunque fue creada para investigaciones biomédicas, es ampliamente adoptada como referencia ética para estudios académicos en Colombia. Establece niveles de riesgo y exige la aplicación de principios como el consentimiento informado, la protección del participante y la confidencialidad.

La investigación propuesta se clasifica como de riesgo mínimo, ya que no implica intervención clínica, sino observación de la interacción usuario-sistema. Conforme a esta norma, se implementará un consentimiento informado donde se explica la participación, duración, privacidad y derecho al retiro del estudio.

### ***Ley 23 de 1982 – Sobre Derechos de Autor***

Esta ley regula la protección de los derechos de autor en Colombia, incluyendo derechos morales (atribución, integridad de la obra) y patrimoniales (reproducción, distribución, transformación). Cubre obras gráficas, audiovisuales, literarias y digitales, reconociendo automáticamente el derecho del creador desde el momento de la creación.

El prototipo desarrollado incluye interfaces gráficas, modelos 3D, animaciones y contenido visual original. Estas creaciones están protegidas por esta ley, que garantiza la autoría, uso legítimo y control sobre su divulgación por parte del autor del trabajo de grado.

### ***Ley 1341 de 2009 – Promoción y regulación del uso de las TIC***

La Ley 1341 establece los principios para el acceso, uso, promoción y apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en Colombia. Fomenta la innovación tecnológica con fines educativos, investigativos y sociales, así como el desarrollo de competencias digitales y la inclusión en la sociedad del conocimiento.

La implementación de una experiencia de usuario basada en realidad aumentada (RA) se enmarca en el uso de TIC emergentes como mecanismo de innovación. Esta ley respalda el uso académico de plataformas digitales interactivas, incluyendo WebAR, en proyectos de investigación.

### ***Ley 527 de 1999 – Mensajes de Datos, Firmas Electrónicas y Comercio Electrónico***

Esta ley otorga validez jurídica a los documentos digitales, correos electrónicos, firmas digitales y demás formas de comunicación electrónica. Reconoce la equivalencia funcional entre los documentos electrónicos y físicos siempre que cumplan con los principios de autenticidad e integridad.

En caso de que se utilicen formularios digitales para la recolección del consentimiento informado o para encuestas UX, esta ley garantiza la legalidad del procedimiento y del uso de datos transmitidos electrónicamente.

La aplicación de estas normas proporciona un entorno jurídico que respalda el desarrollo del presente trabajo de grado. Estas leyes garantizan la protección de los participantes, el cumplimiento de los principios éticos en la investigación académica, la gestión adecuada de los datos personales, la validez legal de los procesos digitales, y la protección de la propiedad intelectual del prototipo desarrollado. Su inclusión y cumplimiento permiten asegurar que el proyecto se ejecute bajo los lineamientos legales vigentes en Colombia.

### **Antecedentes y acontecimientos históricos**

El estudio de la interacción entre humanos y sistemas digitales ha evolucionado significativamente desde los primeros desarrollos de la informática. En la década de 1980, surgió formalmente la disciplina de la **Interacción Humano-Computador (IHC)** —también conocida como *Human-Computer Interaction (HCI)* en inglés o *Interacción Persona-Ordenador (IPO)* en el contexto español—, enfocada en mejorar la manera en que los usuarios interactúan con dispositivos tecnológicos. Desde entonces, conceptos como usabilidad, accesibilidad y

experiencia de usuario (UX) han ganado relevancia, especialmente con el crecimiento exponencial de internet y las interfaces móviles (Norman, 2013).

El concepto de Experiencia de Usuario se consolidó como un enfoque más holístico que la mera usabilidad, abarcando aspectos emocionales, sensoriales y contextuales de la interacción. Este enfoque fue estandarizado en la norma ISO 9241-210:2010, que introduce el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) como una metodología para diseñar sistemas interactivos desde las necesidades, limitaciones y preferencias del usuario final (ISO, 2010).

En paralelo, la Realidad Aumentada (RA) comenzó a posicionarse como uno de los paradigmas de interacción emergentes más prometedores. Si bien sus fundamentos técnicos datan de la década de 1960, con el trabajo pionero de Ivan Sutherland, su aplicación comercial y masiva comenzó a crecer a partir del año 2000 gracias al avance de cámaras, sensores y dispositivos móviles (Azuma, 1997; Billinghurst et al., 2015). Entre las técnicas fundamentales de RA se encuentra el Marker Tracking, que permite el reconocimiento de patrones visuales (marcadores) para superponer información digital en tiempo real.

La RA ha sido implementada con éxito en áreas como la educación, el comercio, la salud y el entretenimiento, ofreciendo experiencias inmersivas que mezclan el mundo físico y digital. Sin embargo, a pesar de sus múltiples aplicaciones, los estudios sistemáticos sobre la evaluación de la UX en entornos aumentados con marker tracking aún son limitados, especialmente en contextos prácticos de implementación real.

En este contexto, surge la necesidad de aplicar métodos de evaluación rigurosos que permitan analizar la eficacia, eficiencia, satisfacción, carga cognitiva y emoción de los usuarios al interactuar con sistemas de realidad aumentada. Esto implica una integración entre herramientas cuantitativas (como escalas SUS, heurísticas, tiempo de tarea) y cualitativas (como

entrevistas, observación, mapas de experiencia), que permitan optimizar las interfaces desde una perspectiva centrada en el usuario.

De esta manera, el presente estudio se enmarca en la confluencia de tres grandes líneas de desarrollo: la evolución de la experiencia de usuario como aspecto clave dentro de la disciplina de la IHC, la consolidación del diseño centrado en el usuario como metodología, y el avance técnico de la realidad aumentada con tecnologías de marker tracking. Esta convergencia permite explorar nuevas oportunidades para el diseño y evaluación de sistemas interactivos más intuitivos, útiles y memorables.

## **Marco Teórico**

### ***Paradigmas de interacción***

Los paradigmas de interacción son modelos conceptuales que agrupan distintos estilos de interacción con los sistemas computacionales. Representan abstracciones que organizan estos estilos en categorías con características comunes, permitiendo analizar cómo las personas interactúan con la tecnología en diferentes contextos.

Entre los paradigmas interactivos actuales más relevantes se encuentran:

- El ordenador de sobremesa (metáfora del escritorio).
- La Realidad Virtual.
- La Computación Ubicua.
- La Realidad Aumentada.

Para el desarrollo de esta tesis, se toma como enfoque principal el paradigma de la Realidad Aumentada (RA). Este paradigma se caracteriza por reducir la dependencia de las interfaces tradicionales, al integrar información del entorno físico como entrada implícita para la

interacción. En otras palabras, la RA permite que el usuario interactúe con el sistema mediante elementos del mundo real, enriquecidos con información digital superpuesta.

Hoy en día, los dispositivos que permiten experimentar la Realidad Aumentada son principalmente los dispositivos móviles, como los teléfonos inteligentes y las tabletas. Estos equipos cuentan con sensores integrados (como cámaras, GPS, acelerómetros y giroscopios) que les permiten capturar información del entorno en tiempo real. Además, están conectados a sistemas remotos o locales que contienen bases de datos con información digital, la cual puede ser superpuesta al entorno físico. Esta combinación convierte al smartphone en una herramienta clave para facilitar experiencias inmersivas sin necesidad de hardware especializado, democratizando así el acceso a la Realidad Aumentada en contextos educativos, comerciales, industriales y de entretenimiento.

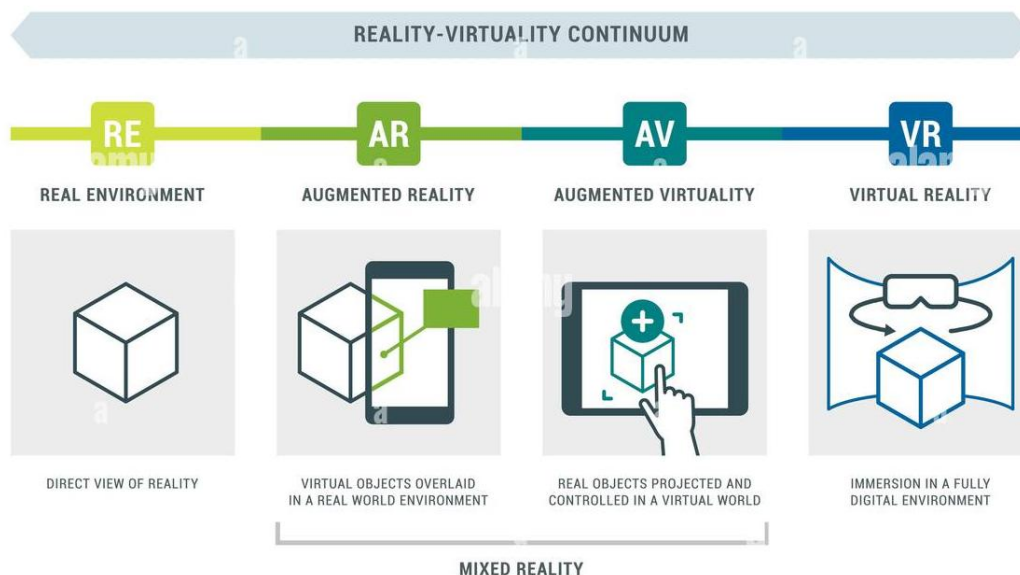
En el marco de esta investigación, la RA se plantea como el paradigma interactivo central, ya que permite explorar nuevas formas de interacción humano-computador mediadas por el entorno físico, fortaleciendo la integración entre el mundo digital y el mundo real.

### ***Tecnologías Inmersivas***

Kassahun (2018) utiliza este término para para aglomerar todas las tecnologías que combinan el contenido real con el digital como lo serían la Realidad Virtual (RV), Realidad Mixta (RM), Virtualidad Aumentada (VA) y la Realidad Aumentada (RA) misma (Figura 1).

**Figura 1**

*Tipos de tecnologías inmersivas*



*Fuente.* Tomado de *Infografía continua de realidad-virtualidad con ejemplos: Entorno real, realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual*, por Alamy, 2025. Copyright 2025 por Alamy. Disponible en: <https://www.alamy.com>

De forma muy resumida, la VA sería lo opuesto a la RA. Mientras que la RA utiliza contenido digital para complementar el entorno real, la VA utiliza contenido real del entorno para complementar un mundo virtual. La RV es la creación de un mundo virtual con contenido digital en su totalidad que bien puede imitar un lugar real existente o ser uno imaginado completamente, de manera que el usuario se sumerge en un entorno simulado sin poder interactuar con el entorno real. La RM juega con la RA y la VA mezclando los entornos virtuales y reales de forma más variada (Kassahun, 2018). También ha habido otros autores que dicen que la RA y la VA son subcategorías dentro de la RM y que, en cierto modo, son una forma de RM (Noh et al., 2009).

Tanto las aplicaciones de RV como las de RA buscan localizar el punto de vista del usuario, pero su objetivo es diferente. Como la RA añade contenido digital a una superficie física real, esta tiene que hacer un seguimiento para poder superponer este contenido, es decir, debe hacer una reevaluación continua de poses y ángulos para poder alinear con precisión lo que pretende añadir o proyectar virtualmente. Con la RV ese seguimiento no es necesario, ya que no interactúa con el entorno real, por lo que su objetivo es asegurarse de que el contenido virtual que muestra esté lo suficientemente bien hecho para generar esa experiencia inmersiva en el usuario (Rogby y Smith, 2013 en Kassahun, 2018).

Dentro de las tecnologías inmersivas se utilizan tres tipos de pantallas. La primera, utilizada por la RA, RV y RM, es la llamada Head-Mounted-Displays (HMD). Esta puede ser de dos tipos: transparencia óptica, es decir, que permite a los usuarios ver parte del entorno real mediante lentes especiales; o de video, la cual proporciona una vista de las transmisiones de video a través del HMD por múltiples cámaras portátiles (Figura 2).

**Figura 2**

*Ejemplo de dispositivos HDM*



*Fuente.* Tomado de *Freepik* (<https://www.freepik.es/>).

El segundo tipo de pantalla es utilizada solo por la RA y se llama Spatial AR o SAR. Esta superpone la información virtual directamente sobre el entorno real mediante proyección con video-proyectores o mediante holografía, basándose en un seguimiento sin marcadores de baja latencia (Figura 3).

**Figura 3**

SAR



*Fuente.* Tomado de *Microsoft Research* [Video], YouTube, 2016.

<https://www.youtube.com/watch?v=Df7fZAYVAIE>

El tercer y último tipo también se puede utilizar en la RA, RV y RM, y se trata de los dispositivos portátiles o unidades de disco duro. Estos combinan la cámara digital con sensores inerciales, GPS y una pantalla portátil. Este tipo de pantalla es bastante usada en el patrimonio virtual en el campo de la investigación (Kassahun, 2018).

Las aplicaciones de realidad inmersiva más avanzadas necesitan muchos cálculos, y para ello necesitan conectar estos dispositivos, que como son portátiles tienen un hardware básico, a una computadora de altas prestaciones que pueda realizar todos los cálculos. Desde una perspectiva de hardware, generalmente se necesita un sistema de última generación para generar y renderizar escenas virtuales realistas en tiempo real. Estas necesitan estar equipadas con

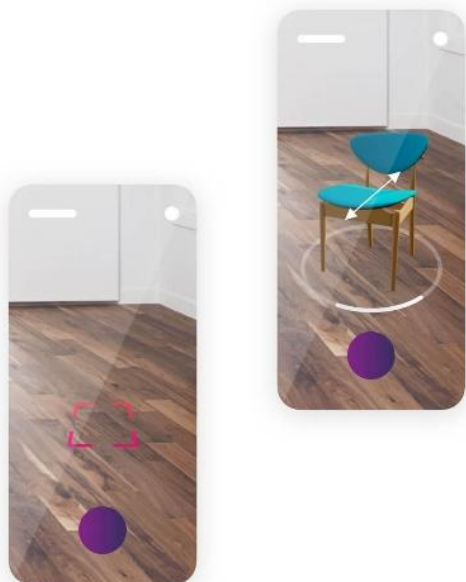
unidades de procesamiento y mucha memoria para poder funcionar. Por suerte, hoy en día tenemos dispositivos móviles que incluyen este equipo junto con pantallas de alta resolución y pantalla táctil, lo cual ayuda a la RA en espacios exteriores (Ibid).

### **Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada proviene de la palabra "Augment", que significa añadir o mejorar. El término "Realidad Aumentada" fue acuñado por Tom Caudell, investigador de Boeing. La Realidad Aumentada (RA) consiste en la superposición o ampliación de imágenes digitales sobre objetos del mundo real mediante diversas aplicaciones de RA. La RA intensifica la comprensión del mundo real. La RA se puede definir como un sistema que combina el mundo real y el virtual, genera interacción en tiempo real y registra el dispositivo en 3D. En este caso, la mejora se realiza en tiempo real. Se puede decir que la RA es una tecnología intermedia entre la realidad real y la realidad virtual.

**Figura 4**

*Seguimiento de marcadores y sin marcadores*



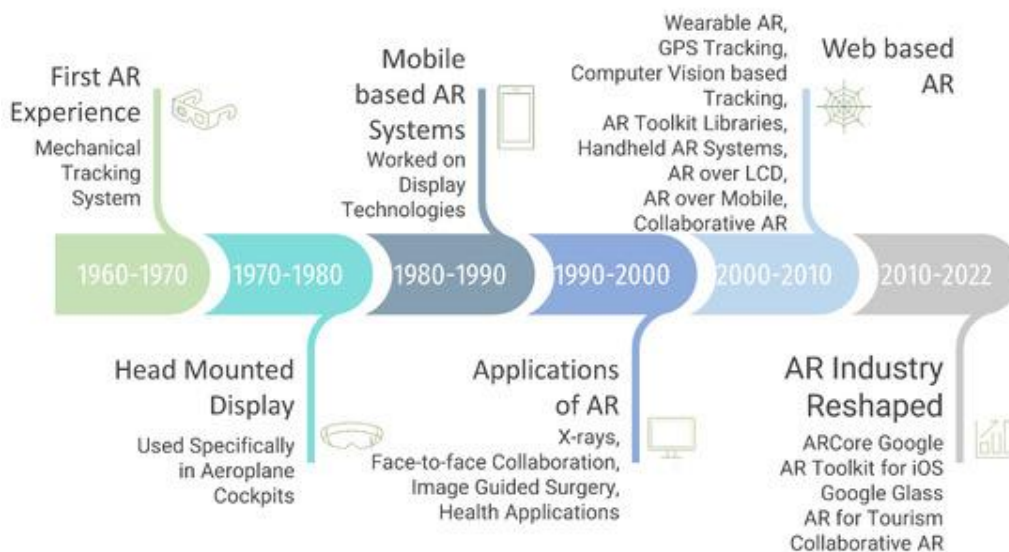
*Fuente.* Tomado de *Seguimiento de Marcador y Superficie*, por Onirix, s. f. <https://onirix.com>

La RA incluye gráficos, sonidos y respuesta táctil que se incorporan al mundo real. Esto crea una experiencia de usuario enriquecida. En resumen, la RA ayuda a mejorar la experiencia del usuario y a difundir el conocimiento, la educación y la salud. La RA abarca los conceptos de Visión Artificial y Gráficos por Computadora. Se necesita visión para comprender claramente el mundo real y gráficos para crear elementos ficticios que lo aumenten.

Primero, se captura el mundo real. Este mundo real es el objetivo. Luego, se modela el mundo virtual. Finalmente, la información digital o el mundo virtual se aumenta o proyecta sobre el objetivo. Así es como se logra la RA.

## Figura 5

*Avances de la realidad aumentada a lo largo del tiempo durante los últimos 60 años*



*Fuente.* Tomado de *Augmented Reality Advances Over the Last 60 Years*, por X. X. Autor(es), 2023, *Sensors*, 23(1), 146. MDPI. <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/146>

Con el avance de las tecnologías móviles (como smartphones y tabletas) y el incremento de la capacidad de procesamiento gráfico, la RA se ha expandido rápidamente en sectores como la educación, la medicina, el turismo, el diseño y la manufactura.

La evolución de la RA ha estado marcada por el progreso en:

- Tecnologías de seguimiento (tracking).
- Herramientas de desarrollo de aplicaciones.
- Pantallas de visualización (AR Displays).
- Colaboración remota en entornos aumentados.
- Seguridad y privacidad en sesiones de RA colaborativa.

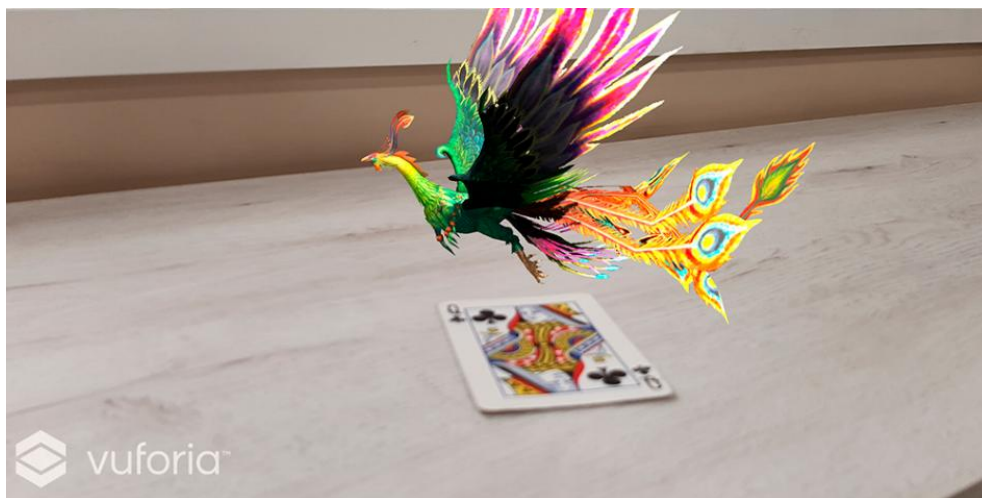
### ***Tipos de Realidad Aumentada***

Existen cuatro tipos de Realidad Aumentada (RA):

**Realidad Aumentada basada en marcadores (Marker-Based AR):** Este tipo de realidad también se conoce como Reconocimiento de Imágenes. Se utiliza una cámara y un marcador visual, como un código QR o un código 2D. Primero, el lector detecta el marcador y luego proporciona la salida. Las aplicaciones basadas en este tipo utilizan una cámara para diferenciar un marcador de cualquier otro objeto del mundo real. Los marcadores pueden ser cualquier elemento único pero simple (por ejemplo, un código QR) y deben ser detectables por la cámara. Se realizan cálculos de posición y orientación. El algoritmo de detección de marcadores incluye dividir imágenes en regiones, detectar imágenes en la región, encontrar segmentos en la región, fusionar segmentos en líneas, extender líneas por los bordes, mantener líneas con esquinas y, finalmente, encontrar los marcadores.

**Figura 6**

*Realidad Aumentada con Unity y Vuforia*



*Fuente.* Tomado de *Realidad aumentada con Unity y Vuforia*, por Espai Escuela Profesional de Aplicaciones Informáticas, 2020. <https://www.espai.es/blog/2020/12/realidad-aumentada-unity-vuforia/>

Por ejemplo, **Vuforia + ARToolkit**. Aplicaciones que utilizan marcadores impresos (como códigos QR o imágenes específicas) para mostrar modelos 3D cuando se enfocan con la cámara. Por ejemplo, un folleto turístico con una imagen que, al escanearse, muestra un monumento en 3D.

**Realidad Aumentada sin Marcadores (Markerless AR o Location-Based AR):** Este tipo de realidad también se conoce como realidad basada en la ubicación o GPS. Los datos proporcionados se basan en nuestra ubicación y se proporcionan con la ayuda de una brújula digital, un acelerómetro, un velocímetro o GPS. Todos estos datos se insertan en nuestros dispositivos. Este tipo de realidad es posible gracias a las funciones de detección de ubicación

disponibles en nuestros teléfonos inteligentes actuales. Reconoce elementos que no se proporcionaron directamente a la aplicación con antelación, a diferencia de la RA basada en marcadores.

### Figura 7

#### *Pokémon Go*



*Fuente.* Tomado de *Pokémon Go debate*, por Encyclopaedia Britannica, s. f.  
<https://www.britannica.com/procon/Pokemon-GO-debate>

Aquí, el algoritmo solo tiene que identificar los patrones, los colores y otras características para proporcionar resultados. Por ejemplo, **Pokémon GO** Utiliza el GPS, brújula y cámara del móvil para mostrar criaturas virtuales en el entorno real, sin necesidad de un marcador físico.

**Realidad Aumentada Basada en Proyección (Projection-Based AR):** Como su nombre indica, se proyecta luz artificial sobre objetos reales. Esto permite la interacción humana al percibir el tacto de la luz proyectada. El tacto del usuario se detecta distinguiendo entre una

proyección esperada y una proyección alterada. Se crea un lienzo digital operativo sobre prácticamente cualquier superficie de trabajo.

## Figura 8

*Realidad Aumentada basada en Proyección*



*Fuente.* Tomado de *¿Qué es la realidad aumentada?*, por Iberdrola, s. f.

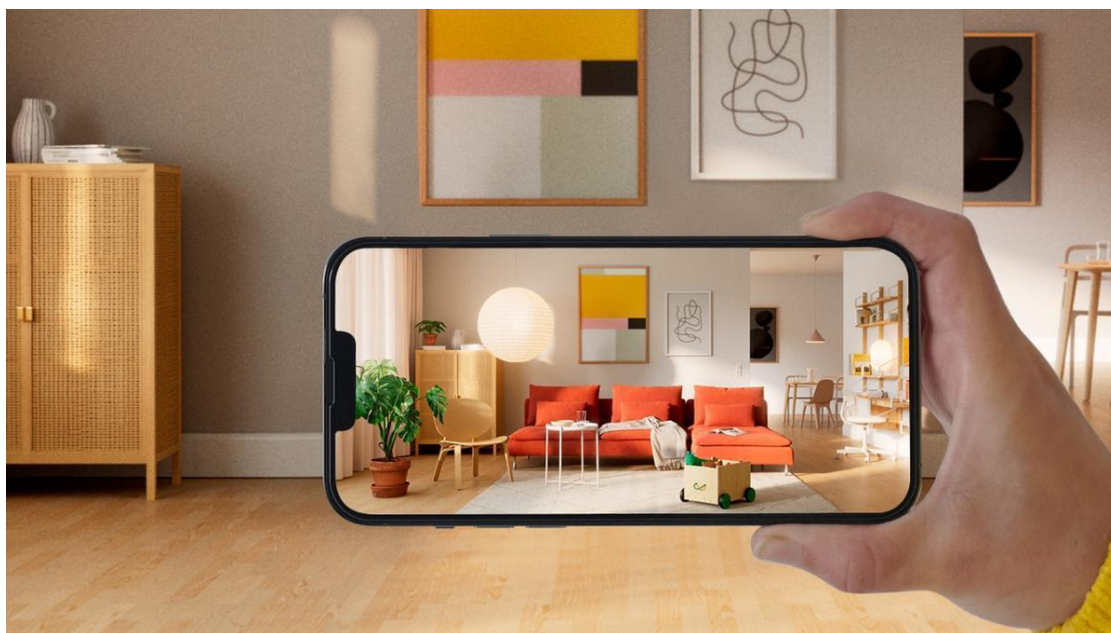
<https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-realidad-aumentada>

La RA basada en proyección se utiliza para proyectar un holograma interactivo en 3D. Por ejemplo, **Lightform** proyecta contenido interactivo sobre objetos físicos en tiempo real, permitiendo cambiar la apariencia de una superficie sin necesidad de pantallas o gafas.

**Realidad Aumentada Basada en Superposición (Superimposition-Based Augmented Reality):** En este tipo de realidad, la vista original de un objeto se reemplaza parcial o totalmente con una nueva vista aumentada de ese mismo objeto.

### Figura 9

*Realidad Aumentada en la App de IKEA*



*Fuente.* Tomado de *IKEA en Baleares y Canarias presenta su nueva app*, por La Provincia, 2023. <https://www.laprovincia.es/sociedad/2023/01/30/ikea-baleares-canarias-presenta-nueva-82222860.html>

Aquí, el reconocimiento de objetos juega un papel importante. Por ejemplo, **IKEA** - Catálogo de Muebles de Realidad Aumentada. Es una aplicación de muebles virtuales que amplía los muebles sobre un suelo real.

### ***Tipos de tracking en RA***

El tracking o seguimiento en RA es el proceso mediante el cual el sistema identifica la posición y orientación de un objeto o usuario en el espacio, para superponer con precisión contenido virtual sobre el entorno real.

Existen dos grandes tipos de tracking en RA

**Tabla 1**

*Comparativo de los Tipos de Tracking en Realidad Aumentada (RA)*

<b>Criterio</b>	<b>Markerless Tracking</b>	<b>Marker-Based Tracking</b>
Definición	Técnica de RA que no requiere marcadores físicos. Usa sensores o visión por computadora para estimar la posición/orientación.	Técnica que utiliza marcadores visuales (imágenes, patrones o códigos) como referencia para el posicionamiento.
Dependencia de referencias físicas	No necesita objetos físicos adicionales.	Requiere marcadores visibles en el entorno real.
Tecnologías utilizadas	Sensores (GPS, IMU, magnetómetro, acelerómetro), visión por computadora, SLAM.	Cámaras para detección de patrones, procesamiento de imágenes, ARToolKit, Vuforia.
Ventajas	Mayor libertad de movimiento. Más natural e inmersivo. Útil en espacios amplios o exteriores.	Alta precisión. Bajo costo de implementación. Fácil configuración inicial.
Desventajas	Puede ser menos preciso en condiciones variables.	Limitado por la visibilidad del marcador.

	Mayor complejidad técnica.	Menos flexible para espacios dinámicos.
	Requiere mayor capacidad de procesamiento.	
Aplicaciones típicas	Navegación en interiores y exteriores. Videojuegos de RA. Experiencias urbanas y turísticas.	Aplicaciones educativas. Publicidad interactiva. Prototipado rápido.
Ejemplos de uso	Pokémon GO (tracking GPS y visión computacional). Google Maps Live View (tracking SLAM y GPS).	Aplicaciones de ARToolkit. Vuforia usando imágenes o QR para activar contenidos.
Costo de implementación	Más elevado (sensores, procesamiento avanzado).	Más económico (solo impresión o despliegue de marcadores físicos).
Requerimientos de hardware	Cámaras, sensores IMU, GPS, procesador gráfico potente.	Cámara estándar.
Fiabilidad	Puede verse afectada por cambios de luz, falta de características visuales o interferencias.	Alta fiabilidad siempre que los marcadores estén visibles.

---

*Fuente.* Elaboración propia.

Mientras que el Markerless Tracking ofrece una experiencia más fluida y adaptativa, requiere de capacidades computacionales mayores y puede verse afectado por el entorno; en contraste, el Marker-Based Tracking brinda alta precisión con bajos costos, aunque su efectividad depende de la visibilidad constante de los marcadores.

### ***Aplicaciones de la Realidad Aumentada***

La Realidad Aumentada nos permite interactuar con el mundo real y el virtual simultáneamente. Es un ejemplo de Amplificación de Inteligencia (IA), como lo describió Fred Brooks, que implica usar la computadora como herramienta para facilitar la realización de tareas por parte de un humano.

La adopción de la realidad aumentada (RA) en distintos sectores ha demostrado un impacto significativo en la experiencia del usuario (UX), al mejorar la interacción, la personalización y el valor percibido del producto o servicio. A continuación, se presentan casos de éxito destacados que evidencian cómo diversas industrias han implementado la RA de manera efectiva, y qué aprendizajes pueden aplicarse al diseño de experiencias en el sector gastronómico.

- **Caso 1. Restaurante Vida&Comida**

Primer restaurante de España que presenta su carta en realidad aumentada. Con su aplicación podrás ver sus platos del menú, para así poder elegir que plato quieres antes de hacerle el pedido al camarero. Los clientes del restaurante Vida&Comida ya pueden descargarse gratuitamente la App VidayComida, disponible para iOS/ Android, utilizando el WiFi que ofrecen en el propio establecimiento, y comenzar a disfrutar de su comida o cena desde el minuto cero.

**Figura 10**

*Aplicación de realidad aumentada del restaurante Vida&Comida*



*Fuente.* Tomado de *Vida&Comida* [Sitio web], s. f. <http://vidaycomida.com/>

- **Caso 2. Bareburger**

Es una cadena de hamburgueserías estadounidense que se convertirá en la primera cadena que permitirá a los clientes ver la comida con realidad aumentada antes de realizar el pedido. Los clientes recibirán un Snapcodigo que deberán escanear con el smartphone o la tableta, automáticamente aparecen los distintos elementos del menú sobre la mesa con la ayuda de la realidad aumentada, una hamburguesa, unas patatas fritas, unos aros de cebolla, etc. Las imágenes virtuales han sido creadas a partir de las imágenes reales de la comida, de ahí que lo que se vea a través de la pantalla del teléfono tenga tanto realismo. Se pueden utilizar diferentes filtros de lentes personalizados de Snapchat para colocar sobre la mesa un plato virtual, cambiar el tamaño de la hamburguesa, simular que se tiene en las manos, etc. Se puede obtener una vista de la comida desde cualquier 16 ángulo, hacerse fotografías con la hamburguesa y enviarlas a los amigos, todo ello mientras los clientes esperan el auténtico menú que se prepara en la cocina del establecimiento.

**Figura 11**

*Captura de la aplicación de realidad aumentada de la hamburguesería Bareburger*



*Fuente.* Tomado de *Bareburger* [Sitio web], s. f. <https://www.bareburger.com/>

- **Caso 3. Kabaq**

Aplicación de realidad aumentada que permite que los clientes puedan ver la oferta gastronómica a través del teléfono y conocer el tamaño real de lo que han pedido, algo que comentan que contribuye a aumentar la participación y satisfacción de los clientes. Con esta app se puede presentar el menú en 3D, ver la comida a escala real, realizar combinaciones de diferentes guarniciones con los platos principales, crear campañas de marketing a través de Snapchat o Facebook, presentar menús de catering, crear anuncios 3D interactivos, etc. Kabaq fue creada por Alper Guler y Caner Soyer en 2016, que anteriormente habían trabajado en la realidad

aumentada como herramienta para la presentación de mobiliario y diseño de interiores, la idea de adaptarla a las presentaciones de comida vino al tratar de explicar a un amigo los platos que habían probado en un restaurante turco.

## Figura 12

*Imagen de la aplicación de realidad aumentada de Kabaq*



*Fuente.* Tomado de Kabaq [Sitio web], s. f. <http://www.kabaq.io/>

- **Caso 4. Restaurante Don Alcides en Medellín – Antioquia – Colombia:  
Implementación de Cartas en Realidad Aumentada**

En el Restaurante Don Alcides se desarrolló una aplicación móvil basada en **Realidad Aumentada (RA)** que permite a los comensales visualizar los platos del menú —como la bandeja paisa, el calentado y otros productos típicos— directamente sobre la mesa, generando una experiencia inmersiva e innovadora. A través del uso de la cámara del celular, los usuarios pueden observar cómo se proyecta en tiempo real una representación tridimensional de los alimentos, visualizándolos desde todos los ángulos con un alto nivel de detalle. Esta implementación no solo enriquece la experiencia gastronómica, sino que también **facilita la toma de decisiones**, al permitir al cliente anticipar con precisión cómo se presentarán los platos servidos.

### Figura 13

#### *Suculento menú en Realidad Aumentada*



*Fuente.* Tomado de *Teleantioquia Noticias* [Video], YouTube, 2019.

<https://www.youtube.com/watch?v=NHbwCopKk4Q>

- **Caso 5. Uso de la Realidad Aumentada en la Televisión Informativa**

El canal de televisión **Univisión**, durante la emisión de su noticiero el **9 de mayo de 2025**, incorporó el uso de **Realidad Aumentada (RA)** como recurso visual para explicar el simbolismo presente en la vestimenta del Papa. A través de elementos tridimensionales superpuestos en pantalla, se ofreció una experiencia informativa enriquecida que permitió a los televidentes comprender con mayor claridad los significados culturales y religiosos de cada componente del atuendo papal. Esta aplicación de la RA evidencia su potencial para transformar la comunicación visual en medios tradicionales, haciendo la información más accesible, atractiva y didáctica para las audiencias.

#### **Figura 14**

*Moda y tradición: simbolismo de la vestimenta del papa en realidad aumentada*



*Fuente.* Tomado de *Univisión Noticias* [Video], YouTube, 2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=qHIAZCAjvWc>

### *Característica de varias plataformas y frameworks de Realidad Aumentada.*

La Realidad Aumentada (RA) ha emergido como una tecnología clave en el desarrollo de experiencias digitales inmersivas, permitiendo superponer elementos virtuales sobre el entorno físico en tiempo real. Este tipo de interacción ha transformado sectores como el entretenimiento, la educación, la industria y el comercio, generando nuevas oportunidades de diseño e innovación centradas en el usuario. En este contexto, el uso de plataformas y frameworks especializados en RA se ha vuelto esencial para diseñadores, desarrolladores e investigadores que buscan crear prototipos funcionales, experimentar con distintos métodos de tracking y escalar soluciones multiplataforma. Cada plataforma de RA posee características particulares en cuanto a compatibilidad, facilidad de uso, tipo de tracking soportado, requerimientos técnicos, licenciamiento y comunidad de soporte. A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume las principales características de algunas de las herramientas más utilizadas en el desarrollo de experiencias en Realidad Aumentada.

**Tabla 2**

*Características de las herramientas utilizadas para el desarrollo de la Realidad Aumentada*

<b>Plataformas</b>	<b>Características</b>
ARBlocks	Buena visualización y seguimiento; relativamente lento.
ARCore	Buen conocimiento del entorno; ideal para juegos; el seguimiento de AR no es consistente; no es estable en dispositivos de generaciones anteriores.
ARKit	AR instantánea (usando Lidar); buenos dispositivos de renderizado de AR; compatible con dispositivos antiguos; solo para iOS y iPad OS; gratis para funciones de Xcode; se cobra por la distribución de la aplicación

AR-media	Ofrece servicios basados en la nube para AR; desarrollo sencillo de proyectos de RA sin conocimientos de programación; registro gratuito; el mapeo de profundidad aún no está disponible.
ARToolKit	El procesamiento se realiza en tiempo real; es posible la colocación rápida de AR; solo se puede usar con marcadores de imagen; gratuito y de código abierto.
ARWin	Se puede categorizar según la geometría; interactuar en el entorno virtual; la resolución de la cámara limita un seguimiento más preciso; se requiere una calibración cuidadosa de los marcadores.
Bright	Cómodos HMD de realidad aumentada (HoloLense); texto a voz; procesamiento local; procesamiento lento ya que se realiza localmente; control inadecuado sobre la funcionalidad.
CoVAR	Interacción basada en la mirada; interacción basada en la mirada de la cabeza; interacción basada en gestos con las manos; mareo en el simulador; solo es visible el seguimiento de la cabeza.
DUIRA	Crear un entorno digital virtual realista; que refleje experiencias del mundo real; requiere múltiples marcadores AR; los cambios de ángulo en los marcadores AR permiten crear diferentes efectos.
KITE	Se ensambla rápidamente a partir del hardware existente; la inicialización es sencilla; solo disponible en un sistema de escritorio; el algoritmo para la reconstrucción de malla no es preciso ni estable.
Nexus	Aplicaciones conscientes del espacio; infraestructura fácil y común; necesita almacenar y administrar la información de ubicación a nivel mundial; conceptos de comunicación basados en la ubicación más complejos.
Vuforia	El más utilizado (Documentación disponible); el seguimiento no presenta parpadeos; se requiere una licencia paga para las funciones avanzadas de AR.
WARP	Una arquitectura de estructura en capas bien definida; procesamiento relativamente más lento.

Wikitude                      Seguimiento geográfico disponible; licencia necesaria para el desarrollo de la aplicación.

---

*Fuente.* Elaboración propia.

### ***Principales amenazas para la Realidad Aumentada***

El éxito conlleva amenazas y desafíos necesarios. La Realidad Aumentada también presenta algunas amenazas que podrían poner en riesgo su éxito en el futuro cercano. Algunas de las principales amenazas para el éxito de la RA en el futuro cercano se describen a continuación.

#### **Falta de casos de uso**

La RA es divertida para jugar, pero no tiene un propósito real. Nadie podría encontrar una razón para pagar tanto dinero por un dispositivo sin ningún propósito útil.

#### **Aspectos legales**

Existen diversas preocupaciones sobre la privacidad relacionadas con la RA. Se está grabando a personas sin saberlo. Esta tecnología ni siquiera ha llegado a la forma de los auriculares y ya existen herramientas como el Rastreador de Muertes de Pokémon Go. Este rastreador nos informa sobre el número de muertes ocurridas mientras se juega al famoso juego de RA Pokémon Go. Las empresas de RA no pueden sortear los problemas legales que se presentan al operar a gran escala.

#### **Fatiga digital**

En este mundo digital, ya estamos conectados a nuestras pantallas constantemente. Y si usamos gafas de realidad aumentada (RA), tendremos constantemente información virtual. Esto puede ser muy agotador.

Esto nos lleva a la conclusión de que la tecnología podría ser perjudicial para la sociedad.

### **Problemas de miniaturización**

Las gafas de RA tienen un tamaño razonablemente grande que podría usarse simplemente en la cabeza, pero no como gafas normales. Todos quieren que sus gafas sean funcionales para la RA, pero al mismo tiempo quieren que sean del tamaño de unas gafas.

### **Mala experiencia**

La tecnología de realidad aumentada ha sido una experiencia aburrida debido a deficiencias técnicas como la baja resolución y la visión artificial imprecisa.

### **Rechazo social**

Debido al cambio en los temores del público general, nadie quiere aceptar la RA como parte de su vida. La encuentran extraña y socialmente incómoda. No quieren usar gafas del tamaño de una computadora en la cara todo el tiempo. Esto genera rechazo social hacia la tecnología. Esta ha sido la principal amenaza para el éxito de la RA, ya que no es fácil convencer a la gente.

### **¿Cómo superar estas amenazas?**

Se pueden superar estos problemas porque la RA tiene la capacidad de aumentar la productividad de fabricación en un 30 %. Además, cuando las masas se familiarizan con nuevas técnicas, no pueden predecir su poder. En los próximos años, la RA tendrá un mayor potencial. Hoy en día, pasamos la mayor parte de nuestro tiempo en nuestros mundos virtuales, dentro de nuestras computadoras portátiles y teléfonos inteligentes. Pero este tiempo no es beneficioso. Mientras que, a través de la RA, el tiempo que pasaríamos en nuestros mundos virtuales puede volverse eficiente y nos conectará más con el mundo real. La realidad aumentada nos brinda la oportunidad de ser parte del mundo digital mientras experimentamos el mundo real.

La RA que se está desarrollando hoy no es la RA de hoy, sino la RA de dentro de 10 años, la que transformará el mundo.

## **Marker Tracking**

El "marker tracking" o seguimiento basado en marcadores es una técnica utilizada en la realidad aumentada (AR) para registrar y rastrear objetos virtuales en el entorno físico. Los marcadores son puntos de referencia artificiales, como imágenes o patrones específicos, que se colocan en el entorno físico para facilitar el seguimiento y la interacción con los objetos virtuales. Aquí hay algunos puntos clave sobre el "marker tracking":

### **Funcionamiento**

- Los marcadores actúan como puntos de referencia conocidos en el espacio físico;
- Una cámara detecta estos marcadores y calcula su posición y orientación en el espacio;
- Esto permite que los objetos virtuales se alineen correctamente con el entorno físico.

### **Tipos de marcadores**

Marcadores simples: Pueden ser piezas de papel o LEDs de colores que se detectan mediante coincidencia de color.

Marcadores complejos: Incluyen patrones más avanzados, como códigos QR o marcadores con múltiples anillos para detección a mayores distancias.

### **Ventajas**

- Proporciona una alta precisión en el seguimiento.
- Es una técnica estable y de bajo costo.
- Es adecuada para aplicaciones donde se requiere un seguimiento confiable.

## **Desafíos**

- Requiere que los marcadores sean visibles en todo momento para la cámara;
- La colocación de los marcadores en el entorno puede ser laboriosa.
- Menos flexible en comparación con las técnicas de seguimiento sin marcadores.

## **Aplicaciones**

- Educación y aprendizaje interactivo.
- Juegos y simulaciones.
- Publicidad y marketing.
- Visualización de datos en entornos industriales.

## **Ejemplo de herramientas**

ARToolKit y sus variantes, como ARTag, son bibliotecas populares que utilizan el seguimiento basado en marcadores para aplicaciones de AR.

El "marker tracking" es una técnica confiable y ampliamente utilizada en AR, especialmente en aplicaciones donde la precisión y la estabilidad son esenciales. Sin embargo, su dependencia de marcadores visibles puede limitar su flexibilidad en ciertos escenarios.

## ***Tecnologías que se usan en el Marker tracking***

En el marker tracking se utilizan diversas tecnologías para detectar, rastrear y registrar marcadores en entornos físicos. Estas tecnologías permiten que los sistemas de realidad aumentada (AR) identifiquen la posición y orientación de los marcadores y superpongan objetos virtuales en el mundo real.

A continuación, se describen las principales tecnologías utilizadas en el marker tracking:

## **Cámara y Visión por Computadora**

Las cámaras capturan imágenes del entorno físico y detectan los marcadores mediante algoritmos de visión por computadora.

Se utilizan técnicas de procesamiento de imágenes para identificar patrones específicos en los marcadores, como formas geométricas, códigos QR o patrones únicos.

Ejemplo: ARToolKit utiliza cámaras para detectar marcadores y calcular su posición en tiempo real.

## **Marcadores Fiduciales**

Los marcadores fiduciales son patrones artificiales diseñados específicamente para ser fácilmente detectados por las cámaras.

Ejemplos: Códigos QR, patrones de múltiples anillos o formas geométricas simples.

Estos marcadores tienen posiciones conocidas que permiten calcular la orientación y ubicación de la cámara.

## **Algoritmos de Reconocimiento de Patrones**

Se emplean algoritmos avanzados para identificar y rastrear los marcadores en las imágenes capturadas.

Ejemplo: Algoritmos de coincidencia de patrones que comparan las características del marcador con una base de datos predefinida.

## **Códigos QR y Tags**

Los códigos QR son una forma popular de marcador que contiene información codificada y puede ser fácilmente detectada por cámaras.

Los tags (etiquetas) digitales, como los utilizados en ARTag, son otra opción que mejora la precisión y reduce los falsos positivos.

## **Calibración de Cámara**

La calibración de la cámara es esencial para garantizar que los marcadores se detecten con precisión.

Esto implica ajustar parámetros como la distancia focal, la distorsión de la lente y la posición de la cámara.

## **Software de Seguimiento**

Herramientas como ARToolKit, ARTag y Vuforia proporcionan bibliotecas de software para implementar el seguimiento basado en marcadores.

Estas herramientas incluyen funciones para detectar marcadores, calcular su posición y superponer objetos virtuales.

## **Iluminación y Condiciones Ambientales**

Los marcadores están diseñados para ser detectados incluso en condiciones de iluminación variables.

Algunos sistemas utilizan marcadores con propiedades reflectantes o emisores de luz para mejorar la detección en entornos oscuros.

## **Tecnología de Realidad Aumentada**

Los sistemas de AR integran el seguimiento de marcadores con tecnologías de visualización, como pantallas de realidad aumentada (optical see-through o video see-through).

Ejemplo de Herramientas y Tecnologías:

**ARToolKit:** Utiliza marcadores fiduciales y algoritmos de visión por computadora para el seguimiento.

**ARTag:** Mejora la detección en condiciones de iluminación difíciles y reduce los falsos positivos.

**Vuforia:** Compatible con marcadores y ofrece soporte para aplicaciones móviles.

En resumen, el marker tracking combina cámaras, algoritmos de visión por computadora, marcadores fiduciales y software especializado para crear experiencias de realidad aumentada precisas y confiables.

### **Interacción Humano Computador (IHC)**

La Interacción Humano-Computador (IHC) —también conocida como *Human-Computer Interaction (HCI)* en inglés o *Interacción Persona-Ordenador (IPO)* en el contexto español—, es un campo interdisciplinario que estudia la relación entre los seres humanos y los sistemas computacionales con el objetivo de diseñar tecnologías más usables, eficientes y satisfactorias.

IHC se centra en cómo las personas interactúan con las computadoras y cómo mejorar esa interacción a través del diseño. Su propósito principal es que las tecnologías se adapten a las capacidades y necesidades humanas, no al revés.

La funcionalidad de una IHC eficaz se define por cómo se responde a las acciones de los usuarios y cómo las funciones de un sistema pueden contribuir al objetivo principal del usuario. El valor de la funcionalidad se puede identificar con precisión cuando el usuario la utiliza eficientemente.

Las tecnologías de la comunicación y la información cobran cada vez mayor importancia en nuestras vidas a medida que se acelera el desarrollo y la implementación de los sistemas de información, adquiriendo un carácter persuasivo y fundamental.

La amplitud y el grado de utilización de un sistema para cumplir la tarea asignada de forma eficiente y adecuada se denominan usabilidad de un sistema con una capacidad específica. El equilibrio adecuado entre funcionalidad y usabilidad define la eficacia real de un sistema HCI.

Teniendo todas estas referencias e ideas en mente, la HCI debe diseñarse de tal forma que equilibre la interfaz entre el usuario y la computadora, para mejorar el rendimiento tanto en la calidad del servicio como en la efectividad del mismo.

### ***Principios de la IHC para construir aplicaciones***

Cuando hablamos de la Interacción Humano-Computadora en el desarrollo de aplicaciones, nos centraremos en la construcción y diseño de interfaces que nos permitan capturar la atención de los usuarios como punto principal y la correcta implementación de la tarea a realizar. Norman (2013) señalaba que “a menudo las cosas están mal construidas puesto que los diseñadores se centran más en la belleza que en la funcionalidad”.

La interacción Humano Computadora, llevada a la práctica, se enfoca más con el análisis de los usuarios al usar sistemas interactivos; no obstante, diversos profesionales en HCI han establecidos diversos principios de acuerdo con lo que diseñadores y desarrolladores pueden considerar para crear interfaces eficaces. Dichos principios fueron creados con base en la psicología, sociología, ciencia cognitiva, por lo que suelen ser aplicados de manera general ya que no cuentan con un contexto específico. A continuación, se muestran algunos de los principios acorde con algunos expertos de la IHC:

### Principios de la IHC por Norman (2004)

- **Retroalimentación:** Cada acción debe proporcionar al usuario información constante acerca de las acciones que se estén realizando de manera que los resultados sean visibles para el usuario;
- **Visibilidad:** El usuario debe ser capaz de determinar el estado actual del sistema, así como las acciones a ejecutar en ese momento;
- **Restricciones:** Guiar al usuario mediante el uso de restricciones que permitan ejecutar solamente las funciones disponibles, facilitando la interpretación de la información de manera precisa;
- **Correspondencia:** Debe existir una correcta correspondencia entre los controles del sistema, las acciones y sus resultados;
- **Consistencia:** Se deben establecer elementos que sean similares en cuestión de diseño, de manera que proporcione facilidad de uso al usuario.

### Principios de IHC por Schneiderman (2005)

- Ofrecer a los usuarios respuestas informativas como respuesta a las acciones del usuario;
- Ofrecer diálogos de cierre después de ejecutar una acción para informar al usuario cuando ha ejecutado una tarea;
- Manejo y prevención de errores sencillos, de manera que, en el peor de los casos, se eviten y en caso contrario los usuarios reciban instrucciones precisas para recuperar el estado del sistema;
- Permitir la reversión de acciones del usuario de manera que se alivie la ansiedad y fomente la exploración de los usuarios en el sistema;

- Mantener la coherencia entre las secuencias de acción, el diseño de componentes, terminología, etc.

#### **Principios de IHC por Johnson (2007)**

- Enfoque centrado en los usuarios y la funcionalidad, no en los usuarios;
- Adecuación a la perspectiva que tienen los usuarios de las tareas a ejecutar;
- Facilitar el aprendizaje no complicando las actividades del usuario;
- Ofrecer información, y diseños para capacidad de respuesta, no sólo datos;
- Pruebas con usuarios, y correcciones en base a su retroalimentación.

#### **Principios de IHC por Stone (2005)**

- **Visibilidad:** El primer paso para cumplir el objetivo debe ser la claridad;
- **Asequibilidad:** El control debe sugerir al usuario como debe ser usado;
- **Retroalimentación:** Lo que esté sucediendo debe quedar muy claro;
- **Simplicidad:** La tarea debe ser lo más sencilla y centrada posible;
- **Estructura:** Se deben organizar el contenido de forma sensata;
- **Coherencia:** Debe existir similitud para la previsibilidad;
- **Tolerancia:** Prevenir errores y ayudar a la recuperación;
- **Accesibilidad:** Utilizable por todos los usuarios pese a las discapacidad o condiciones ambientales.

Como puede apreciarse, estos autores establecen ciertas métricas que deben considerarse para que una aplicación mantenga una interacción con los usuarios finales, cumpliendo su

objetivo y si bien no son obligatorias, se coincide con respecto a mantener al usuario inmerso dentro del sistema, establecer una coherencia dentro de la aplicación proporcionando la información necesaria de manera que el usuario no se vea saturado de contenido y una retroalimentación constante sobre las consecuencias de sus acciones, por lo cual se establece la sensación de control y se atrae la atención del público objetivo. Aspectos que serán relevantes en la construcción de la propuesta que hemos de desarrollar más adelante.

### *Aplicaciones de la IHC*

Las aplicaciones de la **Interacción Humano-Computador (IHC)** *están presentes en todas las tecnologías que involucran interfaces de usuario*, ya que todo sistema diseñado para ser operado por personas requiere de una forma de interacción. Desde aplicaciones móviles y plataformas web hasta electrodomésticos inteligentes y sistemas industriales, la IHC es un componente esencial. Lo que varía entre estos sistemas no es la presencia de IHC, sino **la calidad de esa interacción**, determinada por factores como la usabilidad, la accesibilidad y la experiencia de usuario (UX). Así, un sistema puede contar con una interfaz funcional, pero no necesariamente usable, agradable o inclusiva.

A continuación, se presentan algunos ejemplos destacados de cómo la IHC se manifiesta en diversos contextos tecnológicos.

#### **1. Teléfonos móviles (Industria)**

- Los smartphones modernos integran funcionalidades avanzadas que van más allá de llamadas: navegación web, cámaras, juegos, asistentes virtuales, GPS, etc.
- Se basan en HCI para ofrecer interfaces intuitivas, sensibles al contexto y accesibles.

## **2. E-commerce (Comercio electrónico)**

- HCI ayuda a diseñar interfaces web más usables y centradas en el cliente.
- Se busca optimizar la experiencia del usuario abordando el modelo ART: Access, Relationship y Trust.

Ejemplos: recomendaciones personalizadas, asistentes virtuales, diseño adaptable.

## **3. Hogares y oficinas inteligentes**

Control de dispositivos a través de interfaces naturales (voz, gestos, apps móviles).

Ejemplo: asistentes como Alexa, Google Home.

## **4. Videoconferencias inteligentes**

- Integración de sensores de audio y video, reconocimiento facial y ajustes automáticos del entorno.
- Mejora la colaboración a distancia y la experiencia del usuario.

## **5. Juegos inteligentes (Intelligent Games)**

- Juegos que adaptan la dificultad, narrativa o interacciones según el comportamiento emocional o habilidades del jugador.
- Uso de interfaces hápticas, reconocimiento de voz, seguimiento ocular.

## **6. Monitoreo de conductores**

- Sistemas de asistencia al conductor que detectan somnolencia, distracciones o emociones para prevenir accidentes.
- Se basa en el análisis de gestos, expresión facial, y datos sensoriales.

## **7. Ambientes multimodales**

- Interacción simultánea con múltiples dispositivos mediante voz, tacto, gestos, sensores.

Ejemplo: sistemas que combinan movimiento labial + reconocimiento de voz para mayor precisión.

## **8. Entornos de realidad virtual y aumentada**

- Uso de dispositivos hápticos, visuales y auditivos para crear experiencias inmersivas.
- Aplicaciones en entrenamiento, simulación, educación y entretenimiento.

## **9. Interfaces adaptativas e inteligentes**

- Sistemas que aprenden del usuario y ajustan la interfaz según preferencias, nivel cognitivo o emocional.

Ejemplo: sitios web que recuerdan comportamientos previos del usuario y personalizan el contenido.

## ***IHC y Tecnologías Emergentes***

**La Interacción Humano-Computador (IHC)** ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, integrándose de manera creciente con tecnologías emergentes que redefinen la forma en que los usuarios interactúan con los sistemas digitales. Según Gupta, Ahuja y Garg (2022), el avance de la HCI está estrechamente vinculado al desarrollo de interfaces más naturales, adaptativas e inteligentes que permiten una interacción más eficiente y empática entre el usuario y la máquina.

Entre las tecnologías emergentes más relevantes en este campo se encuentran la computación ubicua, los dispositivos inteligentes y las interfaces multimodales. Estos sistemas están diseñados para operar de forma transparente en el entorno del usuario, permitiendo que múltiples dispositivos interactúen entre sí mediante sensores, reconocimiento de voz, gestos o interfaces hápticas. Este enfoque, descrito inicialmente por Mark Weiser, permite que la

tecnología se integre de forma invisible y ubicua en la vida cotidiana, lo que constituye una de las bases de la próxima generación de experiencias interactivas.

Asimismo, la integración de inteligencia emocional en IHC representa un avance crucial hacia interfaces capaces de interpretar el estado afectivo del usuario, ajustando su comportamiento y respuesta en consecuencia. Este tipo de interacción afectiva no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también amplía las posibilidades de inclusión digital, al adaptar las interfaces a las capacidades cognitivas y emocionales del individuo.

Con la llegada de tecnologías emergentes como la **realidad aumentada (RA)**, la IHC ha ampliado su campo de acción para adaptarse a entornos más dinámicos, multisensoriales y complejos. En estos contextos, los principios tradicionales de interacción deben ser repensados para considerar factores como la percepción espacial, el movimiento corporal, la atención dividida entre el mundo físico y digital, y la naturalidad de la interacción.

Por tanto, en proyectos como el que se desarrolla en esta tesis, enfocado en evaluar la experiencia de usuario con tecnologías de RA basadas en *Marker Tracking*, la HCI proporciona el marco teórico y metodológico necesario para comprender cómo los usuarios interactúan con estos sistemas y cómo diseñar soluciones que mejoren dicha interacción.

La usabilidad y la accesibilidad son pilares fundamentales en el diseño de sistemas interactivos centrados en las personas. Mientras que la usabilidad se enfoca en qué tan eficaz, eficiente y satisfactoria resulta una experiencia para el usuario promedio, la accesibilidad amplía este enfoque al garantizar que dicha experiencia sea posible para personas con diversas capacidades. En conjunto, ambos conceptos promueven la creación de productos digitales más inclusivos, funcionales y equitativos, donde la interacción sea no solo efectiva, sino también universalmente alcanzable.

## *Usabilidad*

La usabilidad es uno de los conceptos centrales dentro del campo de la Interacción Humano-Computador (IHC) y se refiere al grado en que un sistema puede ser utilizado por **usuarios específicos** para lograr **objetivos** definidos con **efectividad, eficiencia y satisfacción**, en un **contexto de uso** determinado (ISO 9241-11:2018).

- **Efectividad:** capacidad del usuario para completar tareas de manera precisa y completa.
- **Eficiencia:** cantidad de recursos (tiempo, esfuerzo, número de pasos) utilizados para alcanzar los objetivos.
- **Satisfacción:** grado de comodidad subjetiva y aceptación del sistema por parte del usuario.

Este enfoque holístico permite evaluar no solo el rendimiento funcional del sistema, sino también cómo es percibido por los usuarios y qué tan bien se ajusta a sus expectativas y capacidades.

En tecnologías emergentes como la **realidad aumentada (RA)**, la evaluación de la usabilidad presenta retos particulares, ya que los usuarios interactúan simultáneamente con elementos digitales y físicos en un entorno tridimensional y dinámico. En este contexto, problemas como la **desalineación de objetos virtuales**, **la inestabilidad del marcador**, o **la complejidad en el reconocimiento del entorno** pueden impactar significativamente la usabilidad general del sistema (Dey et al., 2018).

Aplicar criterios de usabilidad en experiencias de RA con *Marker Tracking* implica considerar aspectos como:

- Claridad de instrucciones para activar el contenido aumentado;
- Facilidad de posicionamiento del marcador en el entorno físico;

- Rapidez y precisión en el reconocimiento visual del marcador;
- Estabilidad de la superposición digital durante el uso;
- Fluidez de la interacción y navegación dentro de la experiencia.

Para este tipo de sistemas, la usabilidad no puede evaluarse únicamente con métricas tradicionales (como tiempo de tarea), sino que debe integrarse con observaciones cualitativas, pruebas de usuario, y métricas específicas del entorno aumentado.

En consecuencia, esta investigación toma como base la definición de la norma ISO 9241-11 para evaluar y optimizar la usabilidad de una experiencia de realidad aumentada basada en *Marker Tracking*, utilizando métodos centrados en el usuario y pruebas iterativas de mejora.

### ***Accesibilidad***

La accesibilidad, dentro del campo de la Interacción Humano-Computador (HCI), se refiere a la capacidad de un sistema, producto o servicio digital de ser utilizado de manera efectiva por la mayor cantidad de personas posible, incluyendo aquellas con discapacidades físicas, sensoriales o cognitivas (Henry et al., 2014).

Su objetivo es eliminar barreras que impiden la participación equitativa de todas las personas en entornos digitales, promoviendo la inclusión, la equidad y la autonomía.

En términos prácticos, la accesibilidad digital implica el diseño de interfaces y experiencias que sean comprensibles, operables, perceptibles y robustas, conforme a los principios establecidos por las **Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG)** desarrolladas por el World Wide Web Consortium (W3C). Estas pautas se estructuran en tres niveles de conformidad (A, AA y AAA), y están alineadas con legislaciones internacionales

como la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA) y, en Colombia, con la Ley 1341 de 2009 y la Ley 1618 de 2013.

Si bien la accesibilidad no es el foco principal de esta investigación, su consideración resulta relevante al analizar experiencias de usuario en tecnologías emergentes como la **realidad aumentada (RA)**. La RA introduce nuevos desafíos en términos de accesibilidad, dado que combina elementos digitales y físicos, y requiere de capacidades visuales, espaciales y motoras que no todos los usuarios poseen en igual medida. Por ejemplo, los sistemas basados en *Marker Tracking* pueden exigir que el usuario mantenga una postura específica, enfoque una cámara o interactúe con objetos en movimiento, lo cual puede resultar excluyente para personas con movilidad reducida, baja visión o temblores motores.

En este sentido, se recomienda diseñar experiencias de RA **más inclusivas**, considerando opciones de personalización, alternativas de entrada/salida (como control por voz o feedback auditivo) y principios de diseño universal que beneficien tanto a personas con discapacidad como a usuarios en condiciones cambiantes de contexto (Clark et al., 2020).

Aunque la accesibilidad no constituye el foco central de esta investigación ni será evaluada de forma sistemática, se reconoce como un criterio esencial del diseño centrado en el usuario (DCU) y como un desafío clave en entornos inmersivos como la realidad aumentada. Su consideración en futuras fases de diseño podría enriquecer la propuesta metodológica y ampliar el alcance social de las aplicaciones basadas en *Marker Tracking*.

### ***Relación entre la Usabilidad y la Accesibilidad en el Diseño de Interacción***

La usabilidad y la accesibilidad son pilares fundamentales en el diseño de sistemas interactivos centrados en las personas. Mientras que la usabilidad se enfoca en qué tan eficaz,

eficiente y satisfactoria resulta una experiencia para el usuario promedio, la accesibilidad amplía este enfoque al garantizar que dicha experiencia sea posible para personas con diversas capacidades. En conjunto, ambos conceptos promueven la creación de productos digitales más inclusivos, funcionales y equitativos, donde la interacción sea no solo efectiva, sino también universalmente alcanzable.

### **Experiencia de Usuario (UX)**

UX Design hace referencia a una visión o filosofía del diseño en la que el proceso está conducido por información acerca de la audiencia objetiva del producto. La experiencia del usuario (UX), nace de una perspectiva menos científica, subjetiva y centrada en crear experiencias agradables y de satisfacción de un usuario al interactuar con un producto o sistema, por lo tanto, la interacción, resulta el concepto principal dentro de la experiencia del usuario (Garreta & Mor, 2017).

Este enfoque puede entenderse, como una visión extendida o complementaria al enfoque tradicional del DCU, que no solamente, incluye al usuario en el proceso de diseño y en la evaluación del producto, si no evalúa la totalidad de la experiencia del usuario de manera integral, yendo más allá de lo técnico hacia las emociones humanas al interactuar con un producto (Engblom et al., 2009).

Conviene subrayar, que los seres humanos independientemente del contexto, estamos biológicamente equipados con sistemas que nos permiten interactuar con un ambiente: un sistema motor para desplazarnos, sistemas sensoriales para percibir y un sistema cognitivo para entender el medio, entorno o contexto en el que nos encontremos; por lo tanto, todas las acciones físicas, procesos cognitivos y de percepción (percibir, explorar, usar, recordar,

comparar y comprender), contribuirán a la experiencia, pero, sobre todo, tomando en consideración las características del usuario y del producto, influenciada por el contexto en el que tiene lugar la interacción.

Dicho esto, la experiencia es definida como la conciencia de los efectos psicológicos provocados por la interacción con un producto, incluyendo el grado en que todos nuestros sentidos son estimulados; atribuimos significados, valores y reconocemos los sentimientos y las emociones que se producen, por lo tanto, el término “experiencia”, se refiere a acontecimientos de la vida que son significativos tanto cognitivos como afectivos (Hekkert, 2006) y (Schifferstein & Cleiren, 2005).

Por lo tanto, integrar la experiencia del usuario en el desarrollo de un producto, es otorgarle un conjunto de ideas, sensaciones, percepciones y valoraciones al usuario cuando interactúa con el mismo; por lo tanto, conseguir que el usuario prefiera y confíe en un producto, y este, lo perciba más agradable y placentero significa introducir aspectos que ayuden a moldear la experiencia de las personas que hacen uso de un producto.

En consecuencia, este enfoque, se refiere a la sensación, sentimiento, respuesta emocional, valoración y satisfacción de un usuario con respecto a la interacción con un producto.

En un sentido más amplio, Ortiz (2003), considera que la experiencia del usuario, se encuentra conformada por seis características, que la definen como la valoración: subjetiva (agradable/desagradable), intencional, interconectada, consciente, emocional y temporal, resultado de la interacción usuario-producto, la cual ocurre en un contexto y tiempo determinados.

**Subjetiva:** la experiencia es personal, depende del resultado de la manera de pensar y sentir de cada persona.

**Intencional:** cuando los usuarios tienen motivaciones y objetivos cuando interactúan con el producto (los recogen, los descartan, los manipulan, los ponen en uso).

**Interconectada:** intervienen los sistemas: afectivos (emociones), cognitivo (atención y pensamiento lógico) y motor (motricidad fina) del ser humano.

**Consciente:** al momento en que las personas se dan cuenta de lo que viven o experimentan al interactuar con determinado producto.

**Emocional:** cuando los productos despiertan admiración, satisfacción, desilusión, desagrado, enojo, frustración.

Las emociones, son las que definen la experiencia del usuario, si resulta agradables o desagradables, placenteras o no.

**Temporal:** ya que se da en momentos específicos, presente, pasado e influye en el futuro. Y, dinámica: al enriquecerse de lo que sucede en cada momento y lugar.

Por su parte, Arhippainen & Tähti (2003), clasifican los diferentes factores que condicionan y moldean la experiencia en cinco grupos: factores propios del usuario (emociones, expectativas, experiencias, motivaciones, valores, personalidad, etcétera), factores sociales (requerimientos implícitos, explícitos, tiempo, etcétera), factores culturales (género, moda, religión, política, idioma, etcétera), contexto de uso (tiempo, temperatura, lugar, etcétera), y propios del producto (función, peso, forma, características estéticas, usabilidad, lenguaje, símbolos, etcétera), que determinarán la manera en que las personas interactúen y con ello modificar el carácter de la experiencia.

### ***La experiencia de usuario en realidad aumentada.***

La experiencia de usuario – user experience – (UX), en nuestro vertiginoso contexto, se ha posicionado como un concepto central en el diseño de interfaces y tecnologías interactivas. Su relevancia es superlativa en campos como la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR).

La construcción del concepto de experiencia de usuario ha sido abordada a la luz de variados enfoques que progresivamente lo han enriquecido y ramificado desde distintos niveles de especialización: en la década de 1980 Donald Norman introduce el término “diseño centrado en el usuario” (Garreta Domingo & Mor Pera, 2010) estableciendo la necesidad de comprender los requerimientos y expectativas del usuario en el desarrollo de productos.

En el ámbito de la AR y la VR, Norman sugiere que el diseño debe considerar la interfaz física y la experiencia emocional y cognitiva del usuario.

Posteriormente, en la década de 1990, tres vertientes del diseño centrado en el usuario comienzan a desarrollarse: Jakob Nielsen aborda la eficiencia y factibilidad de uso desde la usabilidad en el diseño de interfaces. Desde su enfoque y, al reconocer la aplicación de la experiencia de usuario en tecnologías inmersivas, la eficiencia y la facilidad de uso se establecen como principios esenciales. Esto implica la necesidad de diseñar interfaces intuitivas que minimicen la carga cognitiva del usuario. Matthew Lombard y Theresa Ditton desarrollan la teoría de la presencia, desde donde exploran cómo la sensación de habitar un entorno virtual afecta la experiencia de usuario. Por su parte, Alan Cooper, pionero en el desarrollo de software interactivo, promueve el diseño adaptativo centrado en las necesidades y comportamientos del usuario.

Entrados en el Siglo XXI, los estudios que abordan la experiencia de usuario han crecido vertiginosamente. Su creciente importancia se ha respaldado en estudios científicos que han aportado significativamente con aportes conceptuales:

Investigaciones como las de Hassenzahl y Tractinsky (2006) han subrayado la importancia de la estética, la usabilidad y la experiencia emocional positiva en el diseño de interfaces de usuario para entornos AR y VR, en este sentido el diseño centrado en el usuario se vuelve imprescindible para mejorar la UX en tecnologías inmersivas. Por su parte, Nacke et al. (2008) han demostrado que la personalización de la experiencia puede mejorar la satisfacción del usuario y la eficiencia de la interacción en entornos de VR. Este concepto es fácilmente asociable al de inclusión y accesibilidad declarado en estudios como el desarrollado por Bailenson et al (2008) donde destacan la importancia de incorporar aspectos éticos y sociales en el diseño y exploran cómo las tecnologías inmersivas pueden afectar la empatía y la percepción social; o los relacionados a los desafíos de Confort y Fatiga (Regenbrecht et al. (2016) relacionados con la fatiga visual y otros aspectos ergonómicos, estableciendo una relación inversamente proporcional entre el diseño optimizado y la minimización de la incomodidad.

La evolución de la experiencia, en los siguientes años, estará impulsada por avances tecnológicos, cambios en las expectativas de los usuarios y un enfoque continuo en comprender y satisfacer las necesidades del usuario de manera efectiva y ética. En este momento el camino es trazado por temas tan fascinantes como: la Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning (ML), desde donde se está transformando la forma en que interactuamos con las interfaces de usuario, los sistemas aprenden del comportamiento del usuario y personalizan sus experiencias, anticipan necesidades y ofrecen recomendaciones más precisas; interfaces conversacionales (chatbots y asistentes virtuales); Blockchain en experiencia de usuario: centrado en la protección de la

privacidad y la seguridad de los datos del usuario; Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV): desde donde se establecen nuevas formas de interactuar con la información y el entorno digital para proporcionar experiencias más inmersivas y envolventes.

### *Principios y Componentes clave de UX*

#### **Principios de UX**

Los principios de experiencia de usuario (UX) son directrices fundamentales que orientan el diseño hacia una interacción efectiva, satisfactoria y alineada con las necesidades reales de las personas. A lo largo del tiempo, diversos autores han propuesto modelos conceptuales para definir qué elementos componen una buena experiencia de usuario.

Uno de los marcos más influyentes en este campo fue propuesto por Peter Morville (2004), quien identificó siete factores que contribuyen a una UX de calidad:

- Útil: el producto debe satisfacer una necesidad o propósito específico del usuario;
- Usable: debe permitir al usuario alcanzar su objetivo de manera eficiente y sin fricciones.
- Encontrable: la información y funciones deben ser fácilmente localizables.
- Creíble: debe generar confianza y seguridad en la información y el funcionamiento del sistema.
- Deseable: el diseño debe ser atractivo y generar emociones positivas.
- Accesible: debe ser usable por personas con diferentes niveles de capacidad física o cognitiva.
- Valioso: debe aportar valor tanto al usuario como a la organización que lo desarrolla.

No obstante, el campo de la UX ha evolucionado significativamente, y nuevos principios han sido introducidos para abordar las complejidades del diseño en tecnologías emergentes como la realidad aumentada. Entre estas propuestas recientes destacan las Leyes de UX formuladas por Yablonski (2020), que incorporan principios de psicología cognitiva al diseño digital. Algunas de estas leyes incluyen:

- Ley de Hick: Cuantas más opciones se presenten al usuario, mayor será el tiempo de decisión.
- Ley de Fitts: El tiempo necesario para interactuar con un objetivo depende de su tamaño y proximidad.
- Ley de la Proximidad: Los elementos visualmente cercanos se perciben como relacionados.

Asimismo, el Nielsen Norman Group (2023) ha enfatizado principios complementarios que refuerzan la experiencia, tales como:

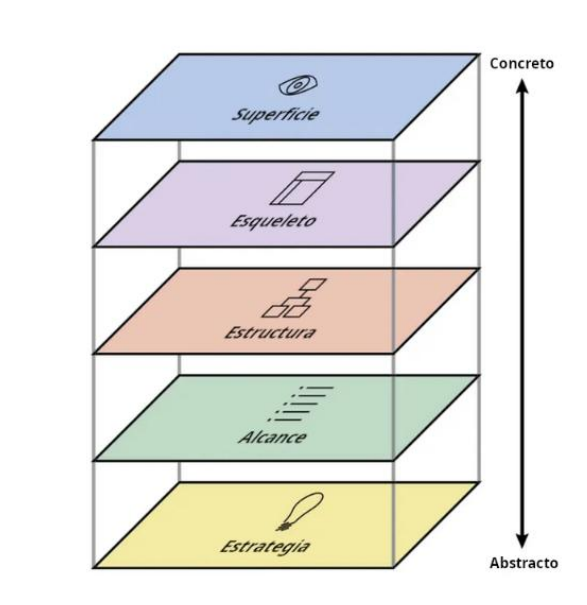
- Retroalimentación inmediata: los usuarios deben recibir señales visuales o auditivas tras sus acciones.
- Consistencia: los elementos del sistema deben comportarse de manera coherente.
- Reducción de la carga cognitiva: se deben minimizar decisiones complejas o innecesarias durante la interacción.

Estos principios resultan especialmente relevantes en entornos de interacción inmersiva, donde factores como el contexto físico, la atención del usuario y la estabilidad visual afectan directamente la experiencia. Aplicarlos de forma integrada permite diseñar productos más

usables, satisfactorios y adaptados a las expectativas de los usuarios en entornos como la realidad aumentada con Marker Tracking.

### **Componentes de UX**

En el diseño centrado en el usuario, comprender los componentes que conforman la experiencia de usuario (UX) es fundamental para crear productos útiles, usables y emocionalmente significativos. Jesse James Garrett propone un modelo estructurado en cinco planos interdependientes —estrategia, alcance, estructura, esqueleto y superficie— que permiten abordar el diseño de manera integral desde los objetivos del producto hasta su manifestación visual. Aunque originalmente concebido para entornos digitales, este enfoque ha demostrado ser igualmente aplicable al diseño de productos físicos interactivos, facilitando una visión holística de la experiencia que viven los usuarios al interactuar con soluciones tecnológicas inteligentes (Pan & Wang, 2019).

**Figura 15***Elementos de la experiencia de usuarios*

Fuente. Tomado de *Jesse James Garrett User Experience Model*, por J. J. Garrett, s. f.

ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Jesse-James-Garret-User-Experience-Model\\_fig1\\_379484204](https://www.researchgate.net/figure/Jesse-James-Garret-User-Experience-Model_fig1_379484204)

El modelo de Jesse James Garrett se compone de cinco planos interdependientes que, al ser implementados de forma secuencial, permiten diseñar experiencias completas y centradas en el usuario. A continuación, se describen brevemente cada uno de estos planos:

### **1. Plano de Estrategia (Strategy Plane).**

En esta primera fase se definen los objetivos del producto y las necesidades del usuario. Es la base de todo el proceso de diseño, ya que orienta cada decisión posterior.

### **2. Plano de Alcance (Scope Plane).**

Aquí se traducen los objetivos estratégicos en funcionalidades específicas. Se define qué contenidos y servicios debe ofrecer el producto para responder a las necesidades detectadas.

### **3. Plano de Estructura (Structure Plane).**

Este plano determina cómo se organiza y conecta la información, así como la lógica funcional del sistema.

### **4. Plano de Esqueleto (Skeleton Plane).**

Consiste en diseñar la disposición visual y funcional de los elementos que conforman la interfaz. Esto incluye botones, menús, indicadores, y la navegación.

### **5. Plano de Superficie (Surface Plane).**

Finalmente, este plano define la apariencia y la experiencia sensorial del producto, integrando estética, materiales y estímulos sensoriales.

Este enfoque demuestra cómo un modelo originalmente digital puede guiar eficazmente la creación de productos físicos centrados en el usuario, permitiendo articular necesidades funcionales y emocionales en soluciones tecnológicas tangibles. En el contexto de esta investigación, donde se exploran experiencias de usuario en técnicas de Marker Tracking aplicadas a Realidad Aumentada, los cinco planos de Garrett ofrecen un marco conceptual útil para estructurar el proceso de diseño. Así, desde la definición de objetivos del usuario (estrategia), hasta la interfaz visual del entorno aumentado (superficie), cada plano contribuye a asegurar que la experiencia sea comprensible, intuitiva y significativa para el usuario final.

### **Diseño centrado en el Usuario (DCU)**

El proceso de Diseño Centrado en el Usuario DCU o UCD (User Centered Design, por sus siglas en inglés) “es una metodología de diseño de software que ayuda a diseñadores/desarrolladores a crear aplicaciones que satisfacen las necesidades de los usuarios”. El objetivo del proceso DCU es verificar si los productos desarrollados «en sus diferentes

etapas» son fáciles de usar y conducen a la satisfacción del usuario y cumplen con los objetivos de la organización o empresa.

El diseño centrado en el usuario surge como un enfoque y método que consiste en conocer algunas particularidades del usuario con el objetivo de hacer más familiares y efectivas las interfaces gráficas que se diseñan para él, suele emplearse en el ámbito de los productos software con dos sentidos diferentes:

Siguiendo definiciones formales, es una filosofía de diseño (software) que cumple con determinadas características y, desde un punto de vista más práctico, se trata de un conjunto de métodos o técnicas aplicados durante el proceso de diseño.

Norman hace una aproximación al concepto DCU como; “El objetivo de Psicología de las cosas cotidianas es abogar por un diseño centrado en el usuario, una filosofía basada en las necesidades e intereses del usuario, con énfasis en hacer que los productos sean utilizables y comprensibles”, y define algunos principios genéricos que deberían respetarse (y que son muy parecidos a los que se consideran propios de un producto usable):

- Hacer que sea fácil determinar qué acciones son posibles en cada momento.
- Hacer las cosas visibles.
- Hacer que sea sencillo evaluar el estado actual del sistema.
- Seguir las correspondencias naturales entre intenciones y acciones necesarias; entre acciones y resultados; y entre información visible e interpretación del estado del sistema.

Según la **User Experience Professionals Association (UXPA)**, el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) —también denominado diseño centrado en el ser humano— es una práctica que se basa en diseñar productos y servicios con un enfoque en las personas que los utilizarán. Este

proceso implica integrar la retroalimentación directa de los usuarios durante todo el ciclo de desarrollo, con el objetivo de crear soluciones más usables, eficaces y alineadas con las necesidades reales del público objetivo (UXPA, s.f.).

Encontramos diversas definiciones de DCU que se complementan, puede decirse que son compatibles entre sí, y de ellas podemos extraer algunas características comunes que deberían formar parte de una definición canónica del DCU:

- Está orientado a los usuarios del producto, que participan durante todo el proceso.
- A pesar de denominarse “diseño”, en realidad se aplica durante todas las fases del desarrollo (planificación, diseño, desarrollo, evaluación), desde las primeras etapas.
- Es iterativo.
- Es multidisciplinar.
- Su objetivo es obtener productos usables y satisfactorios para los usuarios.

### ***Métodos y técnicas de aplicación.***

En el marco del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), la aplicación de métodos y técnicas específicos permite comprender, diseñar y evaluar productos digitales desde la perspectiva de las personas que los utilizarán. Esta orientación metodológica se fundamenta en la premisa de que el diseño debe responder a las necesidades reales de los usuarios, considerando sus contextos, capacidades, motivaciones y expectativas.

El proceso de diseño de experiencia de usuario (UX Design) se estructura en fases iterativas —investigación, definición, ideación, prototipado y evaluación—, en las cuales se integran diversas herramientas cualitativas y cuantitativas que facilitan la toma de decisiones informadas. Estas técnicas no solo permiten identificar problemas y oportunidades de diseño,

sino que también posibilitan validar soluciones mediante la participación activa de usuarios, expertos y otros actores clave.

A continuación, se describen los principales métodos y técnicas empleados en el enfoque DCU aplicado al diseño de experiencias interactivas. Cada uno de ellos cumple un rol específico dentro del ciclo de vida del diseño UX y se selecciona en función de los objetivos del proyecto, los recursos disponibles y el grado de conocimiento del usuario:

**Tabla 3**

*Clasificación de métodos y técnicas según las fases del Diseño Centrado en el Usuario (DCU)*

<b>Fases del DCU</b>	<b>Métodos/Técnicas</b>	<b>Objetivo principal</b>
1. Investigación / Comprensión	Análisis de actividades (Task Analysis); análisis de requerimientos de usuario; entrevistas de usuario; observación de contextos de uso; encuestas; grupos focales.	Comprender las tareas, necesidades, contextos y expectativas de los usuarios reales.
2. Definición / Requisitos	Análisis de requerimientos; jerarquización de tarjetas (Card Sorting); revisión de expertos.	Traducir los hallazgos de la investigación en requerimientos funcionales, estructurales y de contenido.
3. Ideación / Diseño	Diseño interactivo; diseño participativo; prototipado	Idear y construir soluciones conceptuales y visuales con participación de usuarios o expertos.
4. Evaluación / Validación	Evaluación de uso (usabilidad); evaluación	Validar la efectividad, eficiencia y

heurística; revisión de expertos, encuestas	satisfacción de los usuarios frente al diseño mediante pruebas reales.
---	--

---

*Fuente.* Elaboración propia.

Los métodos y técnicas presentados constituyen herramientas clave dentro del enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), aplicadas al diseño de experiencia de usuario (UX). Estas permiten comprender profundamente las necesidades, comportamientos y contextos de los usuarios, guiar el proceso de diseño desde la investigación hasta la evaluación, y asegurar que el producto digital responda efectivamente a los objetivos de sus usuarios. El DCU promueve la integración continua del usuario en las distintas fases del diseño mediante la aplicación de estas metodologías cualitativas y cuantitativas, garantizando soluciones funcionales, usables y significativas.

### *Las fases del proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU)*

Según la norma **ISO 9241-210:2019**, son un conjunto de etapas iterativas que permiten desarrollar productos o sistemas interactivos alineados con las necesidades, expectativas y contexto de los usuarios. Estas fases se aplican en proyectos digitales y físicos (como en productos con RA o smart devices) y son:

**Tabla 4***Fases del proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU)*

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>
1. Comprensión y especificación del contexto de uso	Identificar quiénes son los usuarios, cuáles son sus tareas, el entorno en que interactúan y las condiciones bajo las cuales usarán el sistema o producto. Incluye técnicas como entrevistas, observación y análisis de tareas.
2. Especificación de requisitos de usuario	Establecer qué necesita lograr el usuario con el sistema. Se definen requisitos funcionales, de usabilidad y emocionales, derivados del análisis del contexto.
3. Producción de soluciones de diseño	Proponer ideas y prototipos que respondan a los requisitos identificados. Puede implicar wireframes, maquetas o experiencias funcionales como RA. Esta fase es creativa e iterativa.
4. Evaluación del diseño respecto a los requisitos	Probar los prototipos o soluciones con usuarios reales para detectar problemas, recopilar retroalimentación y validar si se cumplen los objetivos de experiencia de usuario. Se utilizan test de usabilidad, evaluación heurística, entre otros métodos.

---

*Fuente.* Elaboración propia.

### **Evaluación de la Experiencia de Usuario**

En el campo de la evaluación de la experiencia de usuario (UX), existen múltiples enfoques metodológicos que permiten analizar la calidad de la interacción entre el usuario y un sistema, los cuales se agrupan comúnmente en métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos

cuantitativos, como el System Usability Scale (SUS) o el Net Promoter Score (NPS), se enfocan en la recolección de datos medibles y objetivos, mientras que los cualitativos, como las entrevistas, observación directa o mapas de empatía, permiten comprender en profundidad las percepciones, emociones y motivaciones del usuario.

No obstante, para el desarrollo de este proyecto de investigación, se ha optado por enfocar la evaluación de la experiencia de usuario en dos métodos específicos: la evaluación heurística y las pruebas con usuarios (test de usabilidad). Esta decisión se fundamenta en la naturaleza exploratoria y práctica del caso de estudio, donde se requiere no solo identificar problemas de usabilidad mediante un análisis experto (evaluación heurística), sino también observar de forma directa la interacción de usuarios reales con el sistema de realidad aumentada (pruebas de usabilidad), permitiendo así una triangulación enriquecida de hallazgos que guíe las iteraciones de diseño centrado en el usuario (DCU).

### ***Evaluación Heurística***

La evaluación heurística es una técnica de inspección experta utilizada en el diseño centrado en el usuario (DCU) para identificar problemas de usabilidad en interfaces, sin necesidad de recurrir a usuarios finales. Se basa en la revisión sistemática de un sistema interactivo por parte de evaluadores con experiencia, quienes analizan su funcionamiento a partir de un conjunto de principios de diseño conocidos como heurísticas.

La versión más conocida de esta técnica fue propuesta por Jakob Nielsen (1994), quien definió diez principios generales de usabilidad, ampliamente utilizados como referencia en la evaluación de interfaces.

**Figura 16**

*Heurísticas de usabilidad de Nielsen aplicadas al diseño de interfaces*



*Fuente.* Tomado de *10 heurísticas de usabilidad: ejemplos prácticos*, por Teacup Lab, s. f.

[https://www.teacuplab.com/wp-content/uploads/2022/07/10\\_heuristicos\\_ejemplos-1-jpg.webp](https://www.teacuplab.com/wp-content/uploads/2022/07/10_heuristicos_ejemplos-1-jpg.webp)

En el contexto de esta investigación, la evaluación heurística será empleada como parte del proceso de validación del prototipo en realidad aumentada. La revisión fue realizada por tres expertos en UX, quienes identificaron, documentaron y clasificaron los problemas encontrados según la heurística afectada y su nivel de severidad. Esta técnica, al formar parte de la revisión de expertos, permitió proponer mejoras significativas que serán validadas en fases posteriores mediante pruebas con usuarios.

Para una explicación detallada del método y los principios aplicados, se remite al lector a las fuentes especializadas (Nielsen Norman Group, 2023; Granollers, 2021).

### ***Test de usuarios***

El test de usuarios es una técnica esencial en el enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), que permite observar directamente cómo interactúan las personas con un sistema, identificar dificultades de uso, medir el desempeño y recolectar percepciones

cualitativas y cuantitativas sobre la experiencia. A diferencia de la evaluación heurística, esta técnica se basa en la participación activa de usuarios reales, lo que proporciona una perspectiva más cercana a las condiciones de uso finales.

El test de usuarios realizado en este estudio corresponde a una prueba de tipo formativa, aplicada en etapas intermedias del proceso iterativo de diseño, con el objetivo de identificar problemas de usabilidad, validar decisiones previas y recoger evidencia empírica que permita mejorar el prototipo antes de su implementación final. Este tipo de prueba se sitúa dentro del enfoque del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), donde el conocimiento directo sobre cómo interactúan los usuarios con un sistema constituye la base para refinar soluciones.

Según la norma ISO 9241-11:2018, la usabilidad se define como “el grado en que un sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso definido”. En este sentido, el test aplicado busca evaluar precisamente estos tres atributos clave, en un entorno controlado que simula el contexto real de un menú interactivo de comida rápida con realidad aumentada.

Este enfoque se apoya en estudios como los de Nielsen (2000), quien sostiene que la observación directa de un número reducido de usuarios —idealmente entre cinco y siete— permite descubrir la mayoría de los problemas de usabilidad, siempre que se diseñen tareas representativas y se registren tanto datos cuantitativos (como tiempos, errores, tasas de éxito) como cualitativos (verbalizaciones, expresiones, observaciones espontáneas).

Al tratarse de una prueba moderada, el investigador estuvo presente durante las sesiones para observar, registrar comportamientos y resolver dudas logísticas, sin intervenir en el proceso de toma de decisiones del usuario. La combinación de este método con la evaluación heurística

previa permite una triangulación metodológica robusta, coherente con las mejores prácticas del DCU y los estándares de evaluación en sistemas interactivos.

En esta investigación, el test de usuarios se aplicará al prototipo funcional de menú interactivo con realidad aumentada, diseñado para visualizar productos de comida rápida en 3D mediante código QR. El objetivo es evaluar la efectividad, eficiencia y satisfacción del sistema desde la perspectiva del usuario final.

Se seleccionaron participantes entre 18 y 60 años, con familiaridad en el uso de smartphones, pero sin experiencia previa en realidad aumentada. Cada participante fue invitado a completar una serie de tareas representativas.

Durante la sesión se registraron datos como el tiempo por tarea, la tasa de éxito, errores cometidos y verbalizaciones espontáneas. Además, al finalizar se aplicará una escala breve de satisfacción post-uso. Estos datos se consolidaron en una hoja de observación diseñada para este estudio.

El test de usuarios permitió evidenciar aspectos clave sobre la comprensión de las instrucciones, la facilidad de uso del sistema y la percepción visual de los modelos en RA, la idea es que tras cada aplicación se obtengan unas conclusiones y se plasmen en un informe claro, pero no necesariamente formal, que sirva como insumo de información y comunicación para todos los implicados.

### ***Cuestionario SUS (System Usability Scale)***

El cuestionario SUS (System Usability Scale) es una herramienta estandarizada utilizada para medir la usabilidad percibida de un sistema interactivo. Fue desarrollado por John Brooke en 1986 y se compone de 10 afirmaciones que el usuario debe calificar en una escala tipo Likert

de 5 puntos (de 1 = Totalmente en desacuerdo a 5 = Totalmente de acuerdo), alternando enunciados positivos y negativos.

Este cuestionario permite obtener un puntaje total entre 0 y 100, que refleja la percepción global de la usabilidad del sistema. En estudios de UX, un valor superior a 68 se considera como una buena usabilidad. Su uso está ampliamente validado y resulta útil por su simplicidad, fiabilidad y capacidad de comparación entre productos o versiones.

En este proyecto, el cuestionario SUS (System Usability Scale) fue aplicado a los participantes inmediatamente después de completar las sesiones de prueba de usuario, con el propósito de complementar los datos cualitativos obtenidos mediante observación y tareas. Esta herramienta estandarizada proporcionó una medida cuantitativa de la usabilidad percibida, aportando un valor objetivo que fortalece el análisis general de la experiencia del usuario. Aunque su implementación en este estudio fue puntual, se sugiere considerar su uso sistemático —o la incorporación de otras herramientas validadas— en futuras investigaciones, con el fin de mejorar la validez, fiabilidad y comparabilidad de los resultados en contextos similares.

Cabe destacar que el valor obtenido mediante el cuestionario SUS **no representa un porcentaje**, sino una **puntuación relativa** que debe interpretarse a través de escalas percentilares. Esto significa que, para comprender correctamente el nivel de usabilidad percibido, es necesario comparar el puntaje obtenido con una **gráfica de referencia** que clasifica los valores según categorías como "Malo", "Aceptable", "Bueno", "Excelente", entre otros. Esta interpretación, propuesta por autores como Bangor, Kortum y Miller (2009), permite ubicar el sistema evaluado dentro de un rango de desempeño en términos de usabilidad, facilitando así decisiones de diseño más fundamentadas.

## **Aplicaciones de la Realidad Aumentada en contextos prácticos**

### ***Realidad Aumentada en gastronomía y menús interactivos***

La implementación de la tecnología de realidad aumentada (RA) en los menús digitales tiene el potencial de revolucionar la experiencia gastronómica en restaurantes y mejorar la satisfacción del cliente. Al mostrar representaciones 3D de los productos, la RA permite a los clientes visualizar los productos antes de realizar un pedido, lo que proporciona una forma inmersiva y atractiva de explorar los platos del menú.

Con los menús de RA, los clientes pueden ver cada detalle de un producto, incluyendo la textura, el tamaño de las porciones e información adicional como los ingredientes, lo que puede dar vida a los platos y hacer que los clientes sean más propensos a pedirlos.

Esto, a su vez, puede aumentar las ventas en la industria alimentaria, ya que se ha demostrado que la tecnología de RA en los menús digitales mejora la experiencia del cliente y aumenta las ventas. Además, la tecnología de RA puede mejorar la capacitación del personal de servicio de alimentos. La tendencia de brindar mejores experiencias al cliente a través de contenido interactivo y relevante también se aplica a los restaurantes.

El menú 3D es una solución interactiva que mejora la experiencia gastronómica al agregar un nuevo nivel de participación. La implementación de tecnología de RA en menús digitales también puede proporcionar datos sobre las preferencias de los clientes mediante encuestas, lo que podría generar información valiosa para los empresarios.

Además, los menús de RA ofrecen una alternativa más sostenible y respetuosa con el medio ambiente a los menús desechables. Por lo tanto, es evidente que la tecnología de realidad aumentada en menús digitales tiene el potencial de mejorar la experiencia del cliente e incrementar las ventas en la industria alimentaria.

Además del valor visual, los menús en RA pueden integrar información nutricional, ingredientes y recomendaciones de maridaje, ampliando la experiencia informativa sin saturar la carta física. En este sentido, la RA se convierte en una herramienta que no solo embellece la experiencia gastronómica, sino que también mejora la usabilidad del menú, alineándose con los principios de diseño centrado en el usuario.

En el contexto de esta tesis, la aplicación de menús interactivos en RA representa una oportunidad de estudio ideal para evaluar la experiencia de usuario en entornos físicos mediados por tecnologías inmersivas. La carta de comida rápida desarrollada como caso práctico buscará aprovechar estas ventajas, incorporando RA accesible desde QR y focalizando la evaluación en la facilidad de uso, la percepción visual y la satisfacción del usuario.

### ***UX en experiencias inmersivas***

En el caso práctico de esta tesis —una carta impresa de comida rápida con acceso a modelos 3D en RA mediante MyWebAR—, estos lineamientos resultan especialmente relevantes. El diseño debe:

- Evitar saturar visualmente al usuario con múltiples elementos al mismo tiempo.
- Asegurar que el modelo del producto aparezca alineado correctamente con la superficie real.
- Garantizar que los botones (ej. “Ver ingredientes”) sean visibles, accesibles y útiles.
- Proporcionar una experiencia fluida, incluso en condiciones de poca luz o con dispositivos de gama media.

La incorporación de estos criterios contribuirá a una experiencia inmersiva usualmente positiva, intuitiva y memorable, alineada con los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) que guía este proyecto.

Estas aplicaciones demuestran el potencial de la RA en el ámbito gastronómico, contexto en el cual se sitúa el caso práctico de esta investigación.

## Metodología de investigación

### Enfoque Metodológico

Esta investigación se enmarca dentro de un enfoque **mixto con predominancia cualitativa**, ya que busca comprender y evaluar la experiencia de usuario (UX) en un entorno de realidad aumentada (RA), a través de métodos centrados en la observación directa y la interpretación del comportamiento del usuario. Se utilizan herramientas cualitativas (entrevistas, observación, heurísticas) y se complementan con datos cuantitativos simples (tiempos, errores, tareas completadas) para enriquecer el análisis.

### Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo **aplicada**, pues busca resolver un problema específico de diseño UX en un contexto real (una carta de comida rápida en RA), y es **de carácter exploratorio-descriptivo**, ya que:

- Explora el comportamiento de los usuarios en un entorno inmersivo poco documentado.
- Describe las interacciones, percepciones y dificultades encontradas.

El diseño es **no experimental**, de tipo **transversal**, con una implementación práctica en un caso de estudio (el menú RA), seguido de pruebas con usuarios.

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon dos técnicas principales:

**Evaluación heurística**, realizada por tres expertos en experiencia de usuario, quienes revisaron la interfaz en función la metodología extendida desarrollada por Toni Granollers, la

cual integra múltiples modelos heurísticos y permite realizar un análisis cuantitativo del nivel de usabilidad a través de una escala estandarizada y sistemática.

**Pruebas con usuarios (test de usabilidad)**, aplicada a trece participantes representativos del público objetivo, los perfiles considerados fueron personas entre 18 y 60 años, familiarizadas con el uso de smartphones y sin experiencia previa en realidad aumentada.

Se excluirán profesionales del área de UX, diseño o desarrollo para evitar sesgos técnicos en la evaluación. Durante la sesión, los usuarios realizarán tareas predeterminadas, mientras el investigador observará su comportamiento, registrando tiempos, errores y verbalizaciones espontáneas. Todos los participantes deberán firmar un consentimiento informado que acepten ser observados durante la sesión. La muestra será suficiente para detectar patrones de uso y problemas clave en el sistema, siguiendo las recomendaciones de Nielsen (2000), quien establece que cinco usuarios son suficientes para descubrir la mayoría de los problemas de usabilidad.

El proceso se llevará a cabo en tres fases:

1. Prueba piloto con 1 a 2 usuarios (distintos de los participantes del test formal), con el objetivo de ajustar las instrucciones, verificar la claridad de las tareas y detectar posibles errores técnicos en la experiencia de realidad aumentada. Estos usuarios no participarán en las pruebas reales, de modo que no afecten la validez del estudio.
2. Ejecución formal de pruebas con usuarios reales, bajo un esquema de observación moderada. Se registrarán tiempos, comentarios espontáneos, comportamiento durante la tarea y dificultades encontradas.

3. Validación cruzada de hallazgos, mediante el contraste entre los resultados obtenidos en la evaluación heurística (expertos) y los problemas reportados o evidenciados en las pruebas con usuarios. Este cruce permitirá identificar coincidencias, divergencias y patrones de comportamiento.

### ***Análisis de datos***

Se realizó un análisis conjunto de los resultados provenientes de la evaluación heurística y de las pruebas con usuarios.

**Evaluación heurística:** se consolidarán los hallazgos por heurística, severidad y frecuencia, para priorizar las correcciones necesarias. Se utilizará una tabla para visualizar los problemas y su criticidad total.

**Test con usuarios:** los datos recolectados incluirán métricas cuantitativas (tiempo por tarea, tasa de éxito, número de errores) y observaciones cualitativas (comentarios espontáneos, lenguaje no verbal). Estos datos se agruparán por tipo de tarea y categoría de interacción (visualización, comprensión, navegación).

Finalmente, se aplicará un proceso de triangulación metodológica, contrastando los problemas identificados por los expertos con los comportamientos observados en los usuarios. Este cruce permitirá validar patrones comunes y reforzar la fiabilidad de los hallazgos.

### **Consideraciones éticas**

Se garantizará el cumplimiento de principios éticos, incluyendo consentimiento informado, anonimato, confidencialidad y la posibilidad de abandonar la prueba en cualquier

momento. La investigación se ajusta a lo establecido en **la Ley 1581 de 2012 y la Resolución 8430 de 1993** sobre protección de datos personales e investigaciones con seres humanos.

### **Caso práctico: Carta de RA Comidas Rápidas**

#### *Descripción del caso práctico y objetivos*

En el marco de esta investigación, se desarrolló un caso práctico que consiste en la creación de un menú físico interactivo mediante tecnología de Realidad Aumentada (RA), orientado al sector de la comida rápida. Este caso fue concebido como una aplicación funcional para evaluar la experiencia de usuario (UX) en contextos inmersivos mediados por técnicas de *Marker Tracking*, integrando principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

El propósito de este prototipo es analizar cómo la incorporación de elementos tridimensionales proyectados sobre el entorno físico mediante RA puede enriquecer la experiencia del cliente en situaciones reales de consumo, como la elección de un producto en un restaurante. A través de esta experiencia aumentada, se busca facilitar la toma de decisiones del usuario, reducir la incertidumbre asociada a menús tradicionales y explorar el impacto de la RA en la percepción de utilidad, satisfacción y comprensión visual del producto.

La elección del contexto gastronómico responde a varios factores: es un entorno cotidiano, de alta rotación de usuarios, con fuerte presencia de públicos jóvenes y habituados al uso de dispositivos móviles. Además, es un sector donde la claridad de la información, el atractivo visual y la rapidez en la toma de decisiones influyen directamente en la calidad de la experiencia de cliente.

Este caso práctico, por tanto, no se limita al diseño de un producto, sino que constituye un espacio de experimentación y validación de principios UX aplicados a tecnologías

emergentes. El sistema desarrollado —una carta impresa complementada con visualizaciones 3D mediante *WebAR*— permitirá identificar fortalezas y debilidades en la interacción aumentada, probar iteraciones de mejora, y establecer lineamientos aplicables al diseño de experiencias futuras basadas en *Marker Tracking*.

Con este enfoque, se pretende aportar una propuesta metodológica replicable para el desarrollo de experiencias aumentadas orientadas al usuario, evaluando tanto el proceso de diseño como los efectos percibidos por los usuarios finales en entornos reales de uso.

### ***Diseño del prototipo***

El diseño inicial del prototipo del menú interactivo en realidad aumentada (RA) fue orientado por los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), con el objetivo de ofrecer una experiencia intuitiva, funcional y visualmente clara. Aunque en esta fase no se contó con la participación directa de usuarios, las decisiones de diseño se guiaron por buenas prácticas en usabilidad, jerarquía visual, claridad de interacción y accesibilidad básica, considerando las futuras etapas de evaluación y refinamiento con usuarios reales.

El prototipo fue concebido como un sistema compuesto por dos partes complementarias e integradas: una carta física impresa, que funciona como interfaz de entrada y soporte visual, y una experiencia digital aumentada, que proyecta modelos 3D interactivos de los productos alimenticios mediante *marker tracking*. La carta impresa incluye los nombres de los productos, imágenes planas y un código QR que permiten acceder a la experiencia aumentada desde un smartphone sin necesidad de descargar una aplicación.

Esta integración entre medio físico y entorno digital fue diseñada estratégicamente para facilitar la comprensión del menú, mejorar la toma de decisiones y generar una experiencia más

memorable. El usuario escanea el código QR, al hacerlo, accede a una visualización 3D en su dispositivo, lo que le permite observar detalles del producto en diferentes ángulos y obtener información adicional (ingredientes, nombre, precio, etc.). Así, el sistema busca generar una transición fluida entre el entorno tangible y el entorno virtual, potenciando la interacción y el valor percibido.

### ***Estructura visual del menú impreso***

La carta impresa desarrollada para este caso práctico representa el primer punto de contacto entre el usuario y la experiencia aumentada, cumpliendo una función híbrida: informar, guiar e incentivar la interacción digital. El diseño de esta carta se realizó siguiendo principios de usabilidad y diseño centrado en el usuario (DCU), priorizando la claridad visual, la jerarquía informativa y la facilidad de exploración.

El menú se estructuró en un formato vertical de una sola página, dividido visualmente en tres secciones principales: encabezado, cuerpo de productos, y zona informativa inferior. Esta disposición permite una lectura natural de arriba hacia abajo, facilitando la localización rápida de contenidos y el acceso a la experiencia aumentada mediante código QR.

#### **Encabezado**

La parte superior del menú presenta el nombre comercial “Delicias Burger by Elka”, acompañado de un llamado a la acción directo: “*¡Descubre nuestros productos en Realidad Aumentada!*”. Inmediatamente debajo, se incluye una breve instrucción orientativa: “*Escanea el código QR con la cámara de tu celular y visualízalos en 3D antes de hacer tu pedido*”. Estas frases tienen un papel clave para preparar al usuario para la interacción aumentada y explicar el propósito del menú de forma explícita.

### **Cuerpo del menú: productos con QR**

La sección central contiene una grilla organizada en tres filas de tres productos cada una, donde se exhiben los diferentes productos disponibles: hamburguesas, perros calientes, pizzas, sándwiches, arepas y tacos. Cada ítem incluye los siguientes elementos visuales:

- Fotografía del platillo en alta resolución, que ocupa el 60–70% del espacio del recuadro.
- Nombre del producto en tipografía sans serif, con peso visual destacado.
- Precio del producto, justo al lado del nombre, en tipografía clara y separada visualmente.

Este diseño modular permite al usuario explorar de manera independiente cada producto, y elegir visualmente el que desea ver en RA, sin necesidad de leer extensas descripciones.

### **Sección lateral de bebidas**

A la derecha del menú, se presenta una lista de bebidas en texto plano con sus respectivos precios, sin QR asociados. Esto se justifica por el enfoque del prototipo, orientado principalmente a platillos sólidos donde la visualización tridimensional aporta mayor valor informativo.

### **Zona inferior: información complementaria**

La parte final del menú incluye un llamado a la acción para realizar pedidos a domicilio, acompañado de una URL abreviada para acceso web, e íconos visuales que refuerzan los beneficios de la experiencia: RA accesible, facilidad de uso, rapidez en el pedido y novedad tecnológica. Esta zona funciona como cierre informativo y como ampliación del flujo de uso, extendiendo la experiencia más allá del punto físico.

### ***Prototipado de la experiencia RA***

El prototipado de la experiencia de realidad aumentada (RA) constituye una etapa fundamental en el desarrollo del caso práctico, ya que permite materializar, validar y mejorar las ideas de diseño de forma iterativa, enfocadas en el usuario final. En este proyecto, se diseñó un sistema híbrido que combina una carta impresa con marcador QR y una experiencia digital inmersiva accesible mediante el navegador móvil. El prototipo fue desarrollado con un nivel de fidelidad funcional, es decir, con una interfaz operativa que simula con precisión la interacción que tendría lugar en un contexto real.

### ***Herramientas tecnológicas utilizadas***

Para el desarrollo del prototipo se utilizaron las siguientes tecnologías:

- **MyWebAR:** Plataforma de desarrollo de RA basada en web que permite crear experiencias accesibles desde el navegador sin necesidad de descargar aplicaciones. Se utilizó para alojar y proyectar los modelos 3D vinculados a cada producto del menú.
- **Sketchfab:** Biblioteca en línea para la obtención de modelos 3D, utilizados como representaciones visuales de los productos (hamburguesas, perros calientes, etc.).
- **Figma:** Herramienta de diseño colaborativo empleada para crear la carta impresa y organizar visualmente la información y los marcadores QR.
- **Canva y Photoshop:** Apoyos gráficos utilizados para el diseño de íconos, estructuras de layout y elementos visuales secundarios.

### **Características clave del prototipo RA**

Accesibilidad multiplataforma: el prototipo funciona en la mayoría de los navegadores móviles modernos (Chrome, Safari) sin instalación adicional.

Experiencia contextualizada: los modelos 3D se proyectan sobre la mesa o superficie frente al usuario, simulando la presencia del producto real.

Interacción intuitiva: los usuarios pueden girar, acercar o alejar el modelo utilizando gestos táctiles, reforzando el sentido de control.

Estética coherente: los modelos fueron seleccionados por su realismo visual y consistencia estética con las imágenes del menú físico.

### ***Niveles de fidelidad del prototipo***

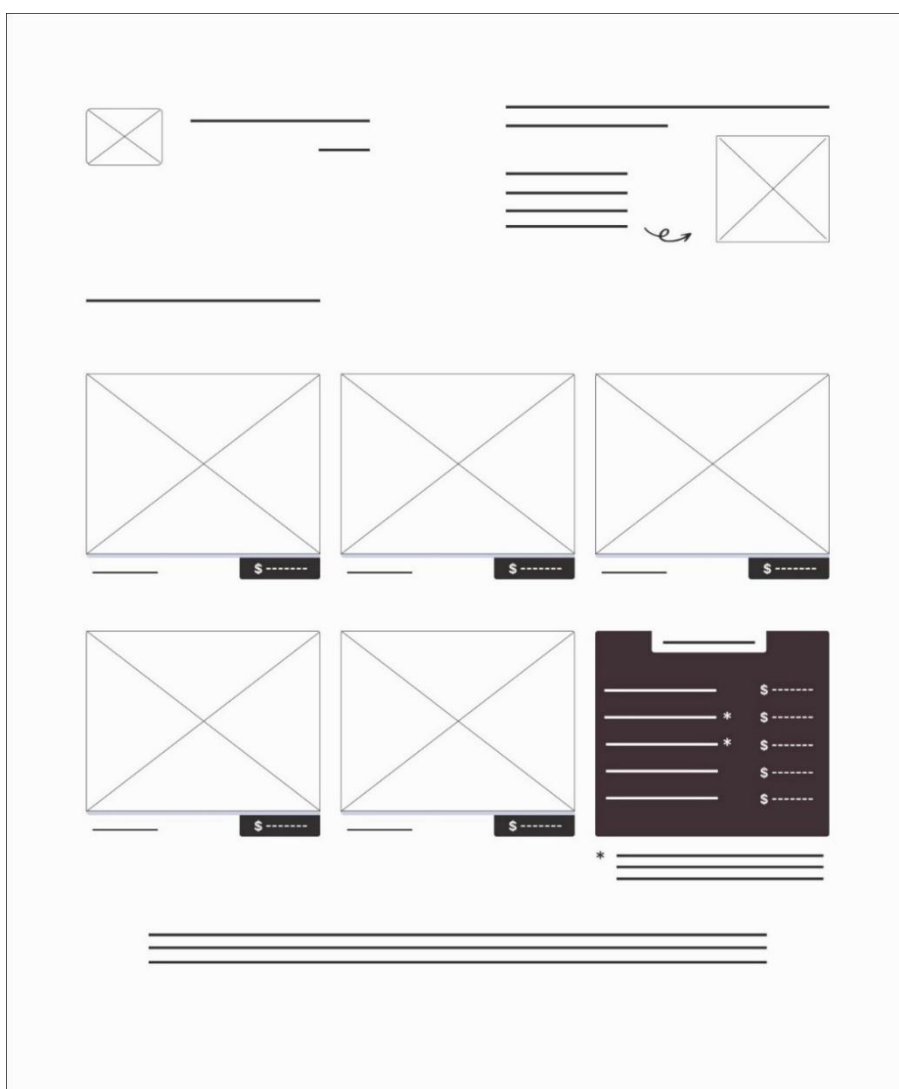
El prototipo fue diseñado en una **versión de fidelidad funcional-media**, es decir, con una experiencia técnica funcional (visualización aumentada real) pero sin integración completa con bases de datos ni funcionalidades avanzadas de pedido. Este nivel fue suficiente para evaluar los elementos centrales de la experiencia de usuario: utilidad percibida, facilidad de uso, comprensión de instrucciones e impacto visual.

En coherencia con las prácticas del DCU, se desarrollaron versiones del prototipo con distintos niveles de fidelidad, adaptados a cada etapa del proceso de diseño:

**Prototipo de baja fidelidad:** se elaboró inicialmente en formato papel y digital plano (wireframes en Figma), con el objetivo de validar la distribución de la información en el menú, la jerarquía de los elementos y la ubicación propuesta del código QR. Esta versión sirvió para evaluar la organización general y la comprensión visual sin distracciones estéticas.

**Figura 17**

*Prototipo de baja fidelidad*

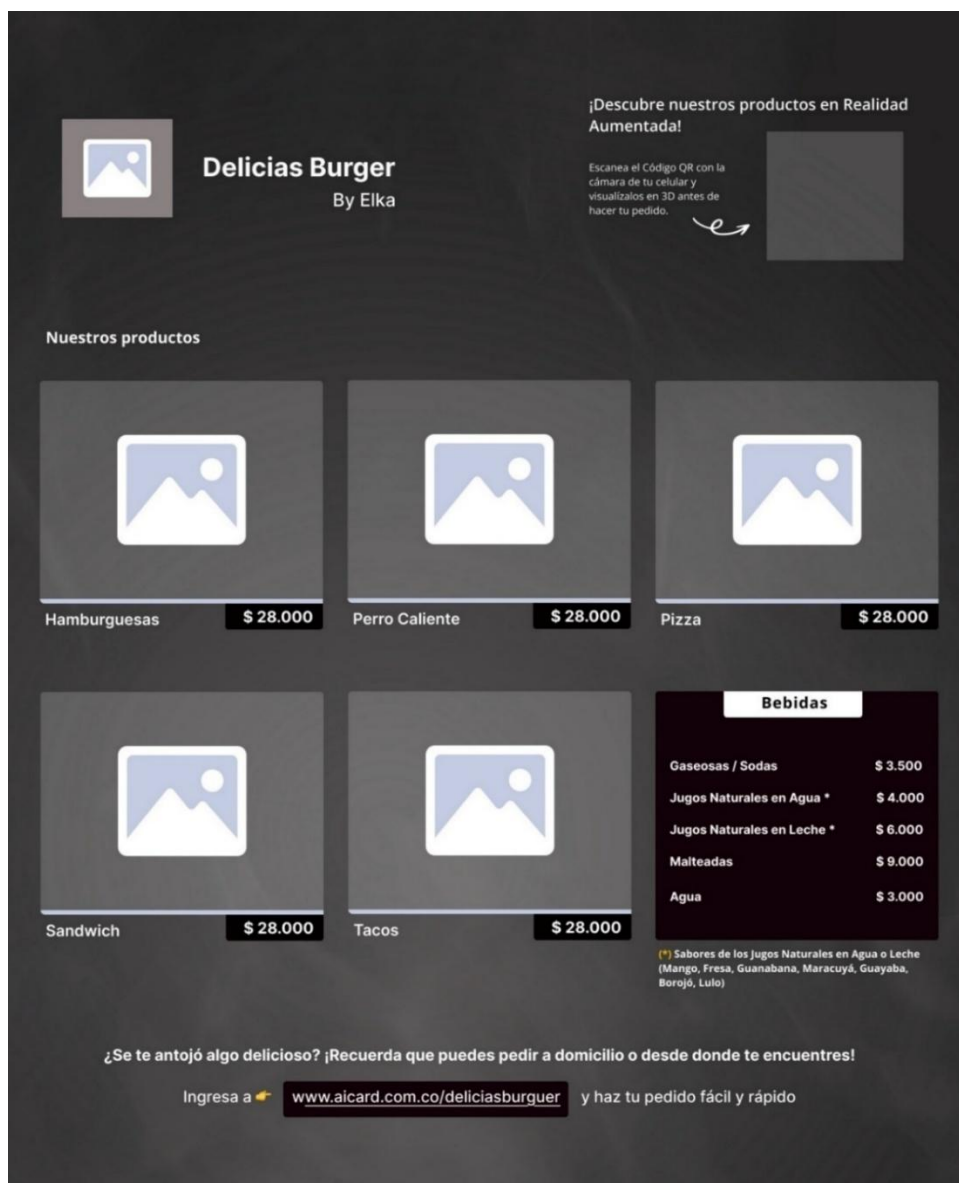


*Fuente.* Elaboración propia.

**Prototipo de mediana fidelidad:** se desarrolló una versión digital del menú con imágenes contextuales y tipografía definida, pero sin interactividad. Se utilizó para probar la comprensión del contenido, la alineación gráfica y la estética general del sistema impreso.

**Figura 18**

*Prototipo de mediana fidelidad*



*Fuente.* Elaboración propia.

**Prototipo de alta fidelidad (funcional):** corresponde a la versión implementada del menú físico donde se muestra imágenes reales, el código QR activo y modelos 3D vinculados mediante MyWebAR. Este prototipo incluye interacción real con la RA, escaneo desde dispositivos móviles, e instrucciones visuales integradas. Fue utilizado como base para la evaluación heurística y las pruebas con usuarios descritas en el capítulo 11.

**Figura 19**

*Prototipo de alta fidelidad*

**Delicias Burguers**  
by Elka

¡Descubre nuestros productos en Realidad Aumentada!

Escanea el Código QR con la cámara de tu celular y visualízalo en 3D antes de hacer tu pedido.

**Nuestros productos**

Hamburguesas \$ 28.000	Perro Caliente \$ 28.000	Pizza \$ 28.000
		<b>Bebidas</b>
Sandwich \$ 28.000	Tacos \$ 28.000	Gaseosas / Sodas \$ 3.500
		Jugos Naturales en Agua * \$ 4.000
		Jugos Naturales en Leche * \$ 6.000
		Malteadas \$ 9.000
		Agua \$ 3.000

(\*) Sabores de los Jugos Naturales en Agua o Leche (Mango, Fresa, Guanabana, Maracuyá, Guayaba, Borojó, Lulo)

¿Se te antojó algo delicioso? ¡Recuerda que puedes pedir a domicilio o desde donde te encuentres!

Ingresa a [www.aicard.com.co/deliciasburger](http://www.aicard.com.co/deliciasburger) y haz tu pedido fácil y rápido

*Fuente.* Elaboración propia.

### ***Iteraciones de diseño y mejoras según DCU***

El enfoque metodológico del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), tal como lo establece la norma ISO 9241-210, propone un proceso iterativo en el que las soluciones se desarrollan, evalúan y refinan en función de la comprensión profunda de los usuarios, sus tareas y su entorno. En este caso práctico, las iteraciones del prototipo de carta aumentada se guiaron por los principios del DCU, permitiendo ajustar tanto el diseño gráfico del menú impreso como la interacción aumentada vinculada a cada producto.

#### **Primera iteración: diseño inicial del menú impreso**

En la primera versión del menú se desarrolló una organización básica que incluía imagen del producto, nombre y precio. El código QR fue ubicado en la parte superior derecha, sin etiquetas que explicaran claramente su función. Con el objetivo de recoger observaciones tempranas sobre aspectos visuales y comunicativos, esta versión fue compartida informalmente con dos profesionales con experiencia en diseño gráfico y experiencia de usuario, quienes ofrecieron comentarios desde su perspectiva técnica. Aunque no se trató de una evaluación formal ni de una participación de usuarios finales, esta revisión permitió detectar oportunidades de mejora en la jerarquía visual, la distribución de elementos y la señalización de la funcionalidad del código QR. Es importante señalar que esta instancia no forma parte de un proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) en sentido estricto, pero fue útil como insumo inicial para la posterior iteración del prototipo.

Entre los principales comentarios se destacaron la necesidad de incluir una leyenda que indicara la función del QR y mejorar la relación visual entre el producto y su respectivo código. Estos aportes orientaron la siguiente iteración del diseño, donde se ajustaron elementos visuales y se incorporaron íconos explicativos.

### **Segunda iteración: experiencia aumentada en MyWebAR**

Tras la primera revisión, se realizaron ajustes en el diseño de la carta impresa y se desarrollaron mejoras en la visualización en RA. En esta fase se llevaron a cabo **pruebas funcionales internas**, con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del código QR, la carga de los modelos 3D y la estabilidad de la experiencia interactiva en distintos dispositivos móviles.

Estas pruebas fueron realizadas por el autor del proyecto y un asistente técnico, bajo condiciones controladas, utilizando diferentes modelos de smartphone con sistema operativo Android y iOS. Se evaluó la compatibilidad del QR con navegadores web, el tiempo de carga promedio de los modelos, y la legibilidad de los textos y botones en pantalla. Aunque no se trató de una prueba con usuarios finales, esta etapa permitió identificar y corregir errores técnicos, como enlaces rotos, problemas de escala en los modelos o tiempos de carga excesivos.

Estas observaciones sirvieron como base para la consolidación del prototipo funcional utilizado en la fase de evaluación con expertos y usuarios, descrita en los capítulos siguientes.

### **Tercera iteración: primeras pruebas con usuarios (*inicio del proceso DCU*)**

Esta tercera iteración marca el inicio efectivo del proceso de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), ya que por primera vez se involucró a usuarios reales representativos del público objetivo. Se realizaron pruebas informales con cinco personas, cuyas características coincidían con los criterios definidos en el capítulo metodológico: edades entre 20 y 60 años, uso habitual de smartphones y sin experiencia previa en realidad aumentada. Esta prueba no tuvo carácter experimental ni fue registrada formalmente, pero permitió observar comportamientos espontáneos y detectar oportunidades de mejora en la interacción general.

Durante esta evaluación preliminar se entregó a cada participante la carta impresa y se les solicitó explorar libremente la experiencia escaneando el código QR. Uno de los comportamientos observados fue que algunos **usuarios intentaron escanear el código desde una distancia considerable**, lo que impidió que la experiencia se activara correctamente. Este fallo no se debió a errores del código QR ni a limitaciones del dispositivo, sino más bien a una expectativa equivocada del usuario sobre cómo debía interactuar con la carta, posiblemente relacionada con la falta de instrucciones visuales claras o señales que indicaran la distancia adecuada de escaneo.

Adicionalmente, se observaron reacciones positivas relacionadas con la visualización 3D de los productos. Los usuarios manifestaron sorpresa y curiosidad, y algunos verbalizaron que era “interesante ver el plato antes de pedirlo”. Esto sugiere una percepción de valor añadido por parte de la RA, especialmente en términos de claridad visual, apoyo a la toma de decisión y diferenciación frente a menús tradicionales.

Estas observaciones contribuyeron al ajuste final del diseño, que incluyó la incorporación de íconos guía sobre cómo escanear, mejora de la señalización visual del QR, y optimización del tiempo de carga de los modelos 3D. A partir de estas mejoras, se consolidó la versión funcional que fue evaluada mediante técnicas formales descritas en los capítulos siguientes.

### **Criterios de diseño aplicados**

- **Legibilidad:** uso de tipografías claras, tamaños diferenciados y colores neutros de alto contraste.
- **Jerarquía visual:** agrupamiento lógico de información, alineación coherente y espacio en blanco entre bloques.

- **Consistencia:** estructura repetida en todos los productos, reduciendo la carga cognitiva y facilitando la exploración.
- **Claridad visual:** Se utilizaron íconos y textos breves para explicar la función de cada código QR, con lenguaje directo y comprensible para mejorar la comprensión general del menú.

En conjunto, esta carta impresa se concibió como una interfaz visual clara, atractiva y funcional, diseñada para integrarse de forma natural con la experiencia digital aumentada que se presenta en los apartados siguientes. Su diseño busca no solo mostrar productos, sino también motivar al usuario a escanear, explorar y decidir, siendo así una parte fundamental del flujo interactivo completo.

El diseño fue realizado en Figma, una herramienta de prototipado digital que permitió iteraciones rápidas y validación visual.

### **Integración de marcadores QR**

La integración del código QR en la carta impresa constituye el elemento clave que conecta la experiencia física del menú con la interacción digital en realidad aumentada (RA). Estos marcadores cumplen la función de puente entre el contenido visual impreso y la representación tridimensional aumentada de los productos, permitiendo a los usuarios acceder, explorar y comparar los productos de forma inmersiva y contextualizada.

Para el desarrollo del sistema, se utilizó la plataforma **MyWebAR**, una plataforma en línea que facilita la creación y publicación de experiencias de Realidad Aumentada (RA) directamente desde el navegador, sin requerir conocimientos avanzados de programación ni la instalación de aplicaciones móviles.

Basada en tecnología WebAR, permite que los usuarios accedan a los contenidos mediante un enlace o código QR desde cualquier dispositivo con cámara y conexión a internet, eliminando barreras de acceso y mejorando la portabilidad de las experiencias.

La plataforma está diseñada para que pueda ser utilizada tanto por principiantes como por usuarios avanzados, gracias a su editor visual intuitivo que permite integrar fácilmente recursos multimedia como modelos 3D, imágenes, textos, sonidos, videos y elementos interactivos (botones, enlaces, animaciones). Entre sus funcionalidades se destacan el reconocimiento de imágenes (*image tracking*), la realidad aumentada sin marcadores (*markerless*), la integración por geolocalización y, en versiones avanzadas, la navegación multiescena (*Multiscene*), la incorporación de plugins personalizados y el análisis del uso mediante métricas de interacción.

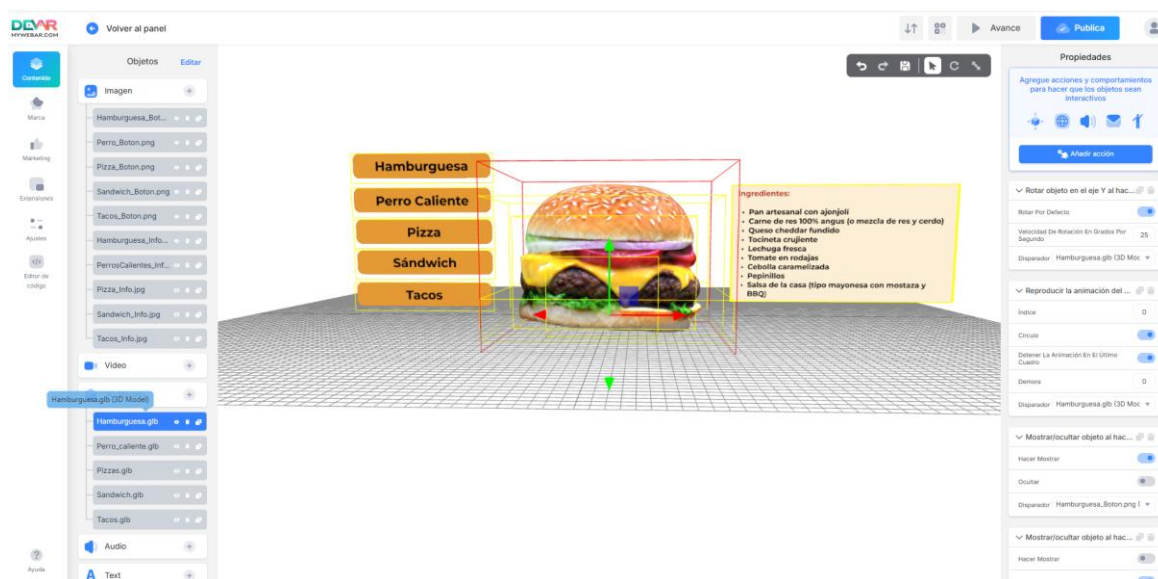
En el desarrollo de este proyecto se empleó la **versión educativa de MyWebAR**, la cual, si bien presenta restricciones frente a las versiones PRO o Enterprise —como la imposibilidad de importar archivos JSON personalizados o utilizar múltiples escenas—, fue suficiente para implementar un prototipo funcional e interactivo. Esta versión permitió diseñar una carta digital de comidas rápidas con visualización en RA, mediante una única escena que muestra u oculta los elementos según la interacción del usuario con botones en pantalla.

En contextos académicos y de prototipado, MyWebAR se ha consolidado como una herramienta accesible y eficaz, especialmente para proyectos que requieren implementación ágil, compatibilidad multiplataforma y bajo umbral técnico. Su enfoque “sin código” promueve la adopción de tecnologías emergentes entre estudiantes, docentes, diseñadores y profesionales, facilitando la exploración de la RA en campos como la educación, el diseño centrado en el usuario, el marketing, el turismo y la formación interactiva.

Dado que en este proyecto se utilizó la **versión educativa de MyWebAR**, se optó por emplear **botones interactivos** como mecanismo principal de navegación y control dentro de la experiencia. Esta decisión responde a las **limitaciones funcionales de dicha versión**, que no permite el uso de características avanzadas como la navegación multiescena (*Multiscene*) o la importación de archivos personalizados en formato JSON, disponibles únicamente en versiones PRO o Enterprise.

**Figura 20**

*Interfaz de desarrollo mywebar*



*Fuente.* Elaboración propia.

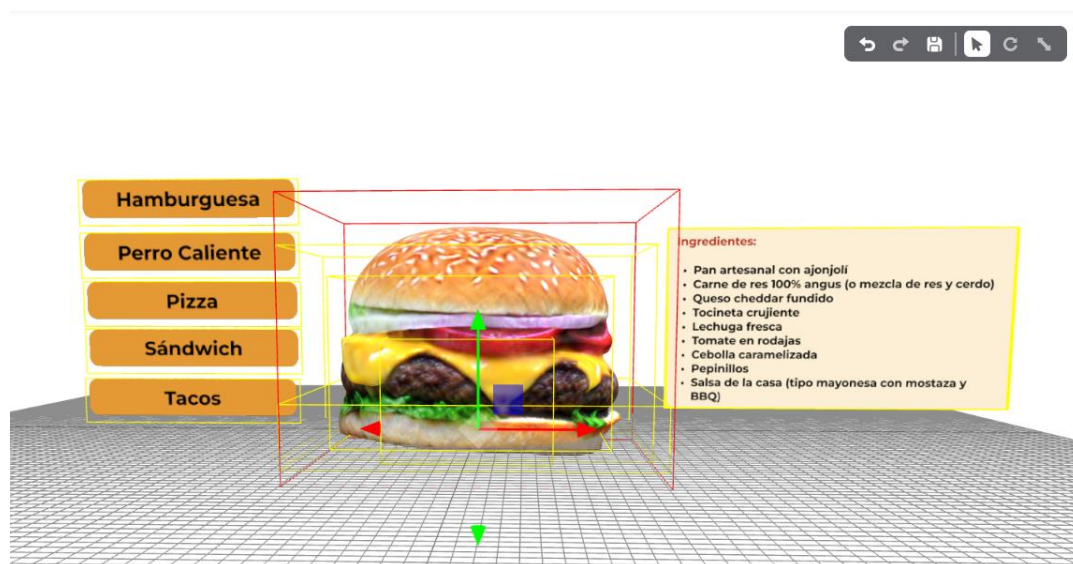
El uso de botones permitió simular una estructura de menú interactivo dentro de una única escena, mediante la lógica de **mostrar u ocultar elementos según la interacción del usuario**. De esta manera, se logró construir una carta digital de comidas rápidas que mantiene la

interactividad y la lógica de exploración propia de una aplicación, sin comprometer la simplicidad técnica ni la accesibilidad de la plataforma.

Esta solución, aunque más limitada en términos de escalabilidad, resultó efectiva para los objetivos del prototipo, permitiendo validar la experiencia de usuario, presentar visualmente los productos en Realidad Aumentada y garantizar la compatibilidad con distintos dispositivos sin necesidad de programación adicional.

## Figura 21

### *Desarrollo final realidad aumentada*



*Fuente.* Elaboración propia.

Para comprender el alcance y las funcionalidades disponibles durante el desarrollo del proyecto, es fundamental distinguir las diferentes versiones que ofrece la plataforma MyWebAR. Cada versión incluye un conjunto específico de herramientas que determinan el nivel de

complejidad, personalización e interactividad que pueden alcanzar las experiencias en Realidad Aumentada.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que resume las principales características de las versiones disponibles (Educativa, PRO y Enterprise), con el fin de justificar la elección realizada en este estudio:

**Tabla 5**

*Características de las versiones de MyWebAR*

<b>Versión</b>	<b>Características</b>
Educativa	Gratuita o institucional, con funciones básicas (sin multiscene ni importación de JSON). Ideal para aprender y enseñar.
PRO	Funcionalidades avanzadas como Multiscene, Stencil Plugin, Analytics, acceso a API y más
Enterprise	Personalización total, marcas blancas, licencias extendidas

*Fuente.* Elaboración propia.

Como parte del desarrollo del caso práctico, se diseñó e implementó el sitio web <https://aicard.com.co/deliciasburger/>, orientado a mejorar la experiencia de compra de productos de comida rápida mediante tecnologías emergentes como la Realidad Aumentada (RA).

Figura 22

Visualización de productos en ra en el sitio web “Delicias Burguer by Elka”



Fuente. Elaboración propia.

Este sitio permite a los usuarios visualizar hamburguesas y otros productos en 3D, escaneando un código QR con la cámara de su celular. Gracias a la integración de tecnología WebAR (Realidad Aumentada basada en navegador), los usuarios pueden explorar los productos sin necesidad de descargar aplicaciones adicionales.

Además, desde la misma interfaz web, los visitantes tienen la posibilidad de realizar su pedido desde cualquier lugar en el que se encuentren, facilitando el proceso de compra y fomentando la interacción inmersiva con los productos. Esta funcionalidad responde al objetivo

de ofrecer una experiencia de usuario innovadora, accesible y contextualizada, alineada con los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

### ***Criterios de diseño para la colocación de QR***

En el diseño del menú se tomaron decisiones específicas para garantizar que los códigos QR fueran funcionales, visibles y comprensibles para cualquier tipo de usuario:

- **Ubicación:** El código QR fue ubicado en la parte superior derecha de la carta. Esta posición garantiza legibilidad sin interferir con la composición gráfica ni con los elementos informativos principales.
- **Tamaño:** los códigos tienen dimensiones aproximadas de **2.5 x 2.5 cm**, tras pruebas previas que verificaron su escaneabilidad a una distancia estándar (30–50 cm) con distintos modelos de teléfonos inteligentes.
- **Iconografía e instrucciones de uso:** junto al QR se incorporó el texto “*Escanea el código QR con la cámara de tu celular y visualiza en 3D antes de hacer tu pedido*”, acompañado de un pequeño ícono alusivo a la RA. Esta inclusión cumple una doble función: informar claramente sobre la función del código y reducir la carga cognitiva al evitar ambigüedad en su propósito.

### **Justificación del uso de QR sobre otros marcadores**

Si bien existen diversas técnicas de *tracking* visual (como *image tracking* o *model targets*), se optó por el uso de códigos QR por varias razones:

**Compatibilidad universal:** todos los smartphones actuales permiten escanear códigos QR sin aplicaciones adicionales.

**Rapidez de activación:** el código abre la experiencia aumentada de inmediato en el navegador, reduciendo la fricción.

**Simplicidad en el diseño y mantenimiento:** permite vincular directamente cada producto con su experiencia 3D sin depender de reconocimiento de imagen o condiciones de iluminación exigentes.

### *Implementación del prototipo funcional*

Tras las fases de diseño iterativo y validación informal, se consolidó la implementación final del prototipo funcional que integra una carta impresa con realidad aumentada (RA), orientada a mejorar la experiencia del usuario al visualizar productos en entornos de comida rápida. Esta implementación se constituye como un sistema híbrido físico-digital que permite al usuario visualizar modelos 3D de los productos sobre el entorno real, con solo escanear un código QR, sin necesidad de descargar aplicaciones ni contar con conocimientos técnicos avanzados.

### **Componentes del sistema final**

El sistema final se compone de los siguientes elementos integrados:

- Carta impresa **en alta resolución:** Diseñada en formato vertical, con estructura modular, jerarquía visual clara y QR único.
- Modelos 3D realistas y optimizados: Representaciones visuales de los productos, seleccionadas desde Sketchfab y ajustadas en escala y punto de anclaje.
- Plataforma MyWebAR: Permite desplegar experiencias de RA en navegadores móviles con soporte para iOS y Android.

- Mensajes guía e iconografía contextual: Etiquetas junto a los QR e instrucciones emergentes en la experiencia aumentada para facilitar la navegación.

### **Funcionamiento general del sistema**

Una vez el usuario recibe la carta física, puede ver los productos en RA al escanear el código QR ubicado en la parte superior. Esta acción abre automáticamente una página web que activa la cámara del dispositivo móvil y despliega el modelo 3D del producto, superpuesto en su entorno. La interacción es táctil: el usuario puede rotar, acercar o alejar el modelo, observando detalles como volumen, textura y proporción real del producto.

### **Compatibilidad técnica y dispositivos soportados**

El sistema final fue probado exitosamente en:

- Navegadores móviles: Google Chrome (Android) y Safari (iOS).
- Dispositivos de gama media y alta (Samsung Galaxy, iPhone, Xiaomi, etc.).
- Condiciones de conectividad estándar (red Wi-Fi y 4G).

La experiencia fue funcional siempre que el usuario otorgara acceso a la cámara del dispositivo y se dispusiera de una superficie estable para anclar el modelo. No fue necesario instalar aplicaciones ni realizar configuraciones adicionales, lo cual redujo significativamente la fricción de entrada.

### **Limitaciones identificadas**

Aunque el sistema funcionó correctamente en la mayoría de pruebas, se detectaron algunas limitaciones:

En dispositivos antiguos o con cámaras de baja resolución, la RA puede presentar retardos o errores en el anclaje.

En condiciones de iluminación extrema (muy baja o muy brillante), la detección de superficie se ve afectada.

No se incluyó integración con procesos de compra o pago, ya que el objetivo del prototipo se limitó a la visualización aumentada.

### **Valor del prototipo como producto funcional**

El prototipo final representa una solución viable, accesible y funcional para incorporar RA en contextos comerciales reales. Su diseño no solo responde a principios de usabilidad y estética, sino que también facilita una experiencia significativa en la etapa de decisión de compra. Este sistema será evaluado en el capítulo siguiente mediante técnicas de evaluación heurística y pruebas con usuarios, a fin de validar su impacto en la experiencia global y su potencial de adopción en el sector gastronómico.

### **Evaluación de la Experiencia de Usuario**

#### ***Diseño del protocolo de pruebas***

Para la fase de evaluación con usuarios se diseñó un protocolo estructurado que recoge tareas representativas de la experiencia con la carta aumentada, así como los instrumentos necesarios para registrar datos cualitativos y cuantitativos. El protocolo contempla actividades centradas en la interacción con el menú físico y la visualización en RA, definiendo las condiciones de prueba, los criterios de observación y los elementos de recolección de feedback.

Durante el diseño del protocolo se tuvo especial cuidado en evitar mezclar tareas estructuradas con actividades de tipo exploratorio o introspectivo. Para garantizar la validez de los datos, se mantuvieron las tareas dentro de un enfoque controlado, medible y comparable. Los elementos de exploración libre fueron integrados como preguntas post-test, a fin de preservar la separación metodológica entre test de usabilidad y entrevistas cualitativas, evitando así la fusión indebida de técnicas que podría comprometer la interpretación de resultados, tal como se recomienda en la literatura (Nielsen, 2000; Granollers, 2021).

El enfoque metodológico se sustenta en la combinación de dos técnicas complementarias:

- La **evaluación heurística**, que permite analizar el sistema desde un punto de vista experto, basado en principios de usabilidad.
- Las **pruebas con usuarios**, que permiten observar el comportamiento real de los usuarios al interactuar con el sistema y recopilar datos medibles y cualitativos.

Aunque ambas técnicas se aplican de forma independiente, sus resultados se comparan y contrastan posteriormente para obtener una visión global más robusta de la experiencia de usuario evaluada.

### **Objetivos específicos del protocolo**

- Evaluar la facilidad de uso del sistema de RA integrado al menú impreso.
- Identificar errores de interacción, problemas de navegación o barreras cognitivas.
- Medir el nivel de comprensión, satisfacción y percepción de utilidad de la experiencia.
- Recoger datos observables que permitan justificar mejoras en futuras iteraciones del diseño.

## Diseño general de la prueba

**Tabla 6**

*Diseño de la evaluación heurística*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Técnica utilizada	Evaluación heurística
Objetivo	Identificar problemas de usabilidad en el prototipo mediante inspección experta
Participantes	3 expertos en UX con experiencia en interfaces RA
Método de recolección	Revisión individual usando lista de heurísticas de Nielsen
Tipo de datos	Cualitativos
Instrumentos	Plantilla con: heurística afectada, problema, severidad, recomendación
Entorno	Revisión remota e individual en entorno controlado

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 7**

*Diseño del test con usuarios*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Técnica utilizada	Test con usuarios
Objetivo	Evaluar la interacción con la carta RA, detectar fricciones, medir satisfacción
Participantes	13 usuarios entre 18 y 60 años, sin experiencia previa en RA
Método de recolección	Observación moderada y post-test (escala Likert + verbalizaciones)
Tipo de datos	Cualitativos y cuantitativos

Instrumentos	Guía de tareas, hoja de observación, escala de satisfacción, cuestionario SUS
Entorno	Simulación presencial controlada

---

*Fuente.* Elaboración propia.

### **Procedimiento general**

El proceso de evaluación se llevará a cabo en dos fases complementarias y secuenciales: una evaluación heurística realizada por expertos, seguida por un test de usuarios con participantes representativos.

La evaluación heurística se desarrollará primero, permitiendo identificar problemas tempranos de usabilidad en la interfaz y realizar ajustes antes de exponer el sistema a usuarios reales. Cada experto recibirá una plantilla de evaluación y acceso al prototipo funcional. La revisión se realizará de forma remota e individual, conforme al protocolo establecido para garantizar independencia y objetividad en el análisis por parte de cada evaluador.

Posteriormente, se aplicará el test con usuarios, en sesiones individuales de aproximadamente 15 a 20 minutos. Cada participante recibirá instrucciones básicas, interactuando con la carta impresa escaneando el código QR, y realizando tareas relacionadas con la exploración e identificación de productos. Durante la sesión, se registrarán tiempos, errores, verbalizaciones espontáneas y lenguaje corporal. Al finalizar, se aplicará una escala de satisfacción breve y el cuestionario SUS.

Ambas técnicas serán desarrolladas en un entorno controlado, siguiendo un protocolo común que incluirá consentimiento informado, anonimato, y la posibilidad de retirar la participación en cualquier momento.

### **Justificación del enfoque metodológico**

El enfoque metodológico adoptado responde a la necesidad de obtener una visión completa de la experiencia de usuario, combinando la perspectiva experta con la observación directa del comportamiento real. La elección de aplicar técnicas complementarias se sustenta en el principio de triangulación metodológica, que permite contrastar hallazgos desde diferentes fuentes y fortalecer la validez de los resultados.

La evaluación heurística ofreció un diagnóstico inicial de problemas estructurales desde el punto de vista del diseño, mientras que el test con usuarios permitió evidenciar cómo dichas decisiones impactaban en la interacción real. Esta estrategia es coherente con el enfoque del Diseño Centrado en el Usuario (DCU), donde la iteración y la validación desde múltiples ángulos son fundamentales para optimizar productos interactivos.

### ***Aplicación de la evaluación heurística***

Como parte del proceso de validación del prototipo, se aplicó una evaluación heurística orientada a detectar deficiencias específicas en la experiencia de realidad aumentada (RA) de la carta interactiva. Esta técnica fue implementada por tres evaluadores con experiencia en UX y diseño de interfaces, quienes analizaron la experiencia sin necesidad de involucrar usuarios finales.

Los objetivos de esta evaluación fueron:

- Identificar barreras de usabilidad particulares del entorno RA, como alineación espacial, activación de contenidos y percepción de respuesta del sistema.
- Detectar inconsistencias entre la carta impresa y la experiencia digital.

- Evaluar si los elementos visuales y las instrucciones facilitaban o dificultaban la comprensión de la interacción esperada.
- Priorizar los hallazgos por criticidad para realizar ajustes antes del test con usuarios.

La evaluación se realizó en sesiones individuales, utilizando una plantilla adaptada que incluía: heurística afectada, descripción del problema, severidad y recomendación de mejora. Los hallazgos fueron consolidados en una tabla resumen y utilizados como insumo para la tercera iteración del prototipo.

### **Evaluadores**

Participaron tres evaluadores expertos en experiencia de usuario (UX), diseño de interacción y tecnologías inmersivas. Todos contaban con experiencia en la aplicación de las heurísticas de Nielsen y conocimientos sobre sistemas RA o visualización interactiva.

### **Instrumento**

En primera instancia, se empleó el listado original de las 10 heurísticas de usabilidad propuestas por Nielsen (1994). Posteriormente, se aplicó la metodología extendida desarrollada por Toni Granollers, la cual integra múltiples modelos heurísticos y permite realizar un análisis cuantitativo del nivel de usabilidad a través de una escala estandarizada y sistemática.

### **Procedimiento**

Cada evaluador accedió al menú físico, escaneó el código QR y visualizó los modelos 3D de los platillos mediante su dispositivo móvil.

1. Se les solicitó explorar la experiencia con libertad, simulando un uso real, e identificar problemas o fricciones según las heurísticas de usabilidad.
2. Cada hallazgo fue registrado en el formato de evaluación, asignando una severidad y proponiendo una posible mejora.
3. Los evaluadores enviaron sus plantillas individuales con los problemas detectados.
4. **Reunión final:** Se realizó una reunión conjunta entre los evaluadores y el investigador con el fin de consolidar los hallazgos, comparar coincidencias, resolver posibles diferencias de interpretación y priorizar colectivamente los problemas más relevantes según su severidad y frecuencia. Esta instancia permitió consensuar qué problemas debían abordarse en la siguiente iteración del prototipo y cuáles podían considerarse secundarios o contextuales.

#### ***Herramienta utilizada para la evaluación heurística.***

En el marco del presente trabajo se ha optado por utilizar la metodología de **evaluación heurística extendida desarrollada por el Dr. Toni Granollers (Universitat de Lleida)**, la cual constituye una evolución metodológica fundamentada sobre dos conjuntos heurísticos de alto reconocimiento: el modelo clásico de Nielsen (1994), ampliamente utilizado en el ámbito de la evaluación de usabilidad, y el modelo de B. Tognazzini.

La herramienta para el desarrollo de la evaluación heurística ha sido creada cogiendo como referencia los principios heurísticos de usabilidad para el diseño de interfaces de usuario de Jakob Nielsen y los principios de diseño de interfaces de Bruce Tognazzini, también hay que recalcar que la herramienta implementa una propuesta metodológica específica, la cual consiste,

en un archivo MS Excel y es útil para evaluar el porcentaje de usabilidad que tiene una aplicación o sitio web mediante una serie de preguntas relacionada con el sitio a evaluar.

El test consiste en 15 principios heurísticos que se analizan en base a 60 preguntas que salen de analizar y sintetizar tanto los principios heurísticos de usabilidad para las interfaces de usuarios de Nielsen, como los principios de diseño de interfaces de Tognazzini.

### Figura 23

#### *Lista de los 15 principios heurísticos utilizados*

- 1- Visibilidad y estado del sistema / Visibility and system state
- 2 - Connexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos / Connection between the system and the real world, metaphor usage and human objects
- 3 - Control y libertad del usuario / User control and freedom
- 4 - Consistencia y estándares / Consistency and standards
- 5 - Reconocimiento en lugar de memoria, aprendizaje y anticipación / Recognition rather than memory, learning and anticipation
- 6 - Flexibilidad y eficiencia de uso / Flexibility and efficiency of use
- 7 - Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y rehacer-se de los errores / Help users recognize, diagnose and recover from errors
- 8 - Prevención de errores / Preventing errors
- 9 - Diseño estético y minimalista / Aesthetic and minimalist design
- 10 - Ayuda y documentación / Help and documentation
- 11 - Guardar el estado y proteger el trabajo / Save the state and protect the work
- 12 - Color y legibilidad / Color and readability
- 13 - Autonomía / Autonomy
- 14 - Valores per defecto / Defaults
- 15 - Reducción de la latencia / Latency reduction

*Fuente.* Elaboración propia.

La persona que esté realizando la evaluación con la herramienta tendrá la posibilidad de contestar a cada pregunta con 7 respuestas diferentes como, por ejemplo: “Sí, en todos casos”, “Sí, pero faltan algunos casos”, “No siempre”, “No, en ningún caso”, “No aplica”, “No es un problema” y “Imposible de comprobar”. El experto en usabilidad irá contestando las preguntas a medida que va analizando el sitio a evaluar y así obtener un resultado de acorde con sus respuestas.

Es muy importante que antes de empezar con la evaluación el experto haya mirado la aplicación un par de veces y así poder familiarizarse con el entorno.

Mientras el evaluador experto vaya contestando las preguntas de cada apartado, la herramienta irá calculando el porcentaje de usabilidad que tiene el sitio evaluado y así poderse ir haciendo una idea de los valores que da en cada apartado.

En todo momento puede haber preguntas las cuales no se puedan contestar ya sea porque en el sitio no se puede apreciar lo que se pregunta o por cualquier otra cosa si el experto lo considera oportuno. Ellos deben minimizar cualquier factor externo que les pueda resultar molesto a la hora de realizar la evaluación, así poder estar concentrados en el trabajo a realizar y que sea lo más real posible al uso de un usuario.

Hay que tener en cuenta, que aparte de haber la casilla para responder en cada pregunta hay un espacio reservado para los comentarios los cuales son muy importantes a la hora de poder dar un feedback sobre los errores que uno se ha encontrado a medida que se iba realizando la evaluación.

Esta herramienta nos sirve para saber qué % de usabilidad tiene y que errores podemos encontrar en el sitio web o aplicación a la cual se le haya realizado la prueba, así los desarrolladores puedan arreglar dichos errores y mejorarla. Se debe saber que este % de usabilidad que nos arroja como resultado final la herramienta de evaluación heurística es un valor orientativo que procede de apreciaciones cualitativas (subjetivas) y siempre dependerá de los evaluadores que hagan uso de dicha herramienta.

### **Resultados de la Evaluación Heurística aplicada**

Para el desarrollo de esta Evaluación Heurística participaron 3 evaluadores expertos con conocimientos en UX y distintos grados de experiencia, siendo así cada uno hizo su evaluación.

## Evaluador #1

Se adjunta la imagen correspondiente a las respuestas registradas por el evaluador/a uno durante la aplicación de la evaluación heurística.

**Figura 24**

*Resultados de la evaluación heurística del evaluador uno*

RESULTADOS / RESULTS	
	Valores/Values
1- Visibilidad y estado del sistema / Visibility and system state	3,99
2 - Connexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos / Connection between the system and the real world, metaphor usage and human objects	2,33
4 - Consistencia y estándares / Consistency and standards	0,33
5 - Reconocimiento en lugar de memoria, aprendizaje y anticipación / Recognition rather than memory, learning and anticipation	4,66
7 - Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errors Help users recognize, diagnose and recover from errors	3,98
9 - Diseño estético y minimalista / Aesthetic and minimalist design	3
10 - Ayuda y documentación / Help and documentation	0
11 - Guardar el estado y proteger el trabajo / Save the state and protect the work	0
12 - Color y legibilidad / Colour and readability	2,64
13 - Autonomía / Autonomy	1,32
'14- Valores per defecto'IA1	0
15 - Reducción de la latencia / Latency reduction	0
	0
<b>Completed Test</b>	<b>25,91</b>
MISSING questions	100,0%
# Countable questions	0
# NON countable questions (Not applicable & Not a problem)	35
# WARNINGS	25
	0
<b>Porcentaje de usabilidad</b> <b>"Usability" percentage</b>	
<b>74,0%</b>	

Fuente. Elaboración propia.

## Evaluador #2

Se adjunta la imagen correspondiente a las respuestas registradas por el evaluador/a dos durante la aplicación de la evaluación heurística.

### Figura 25

*Resultados de la evaluación heurística del evaluador dos*

RESULTADOS / RESULTS	
	Valores/Values
1- Visibilidad y estado del sistema / Visibility and system state	3,99
2 - Connexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos / Connection between the system and the real world, metaphor usage and human objects	3,32
4 - Consistencia y estándares / Consistency and standards	0,99
5 - Reconocimiento en lugar de memoria, aprendizaje y anticipación / Recognition rather than memory, learning and anticipation	5,66
7 - Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errors / Help users recognize, diagnose and recover from errors	3,65
9 - Diseño estético y minimalista / Aesthetic and minimalist design	2,33
10 - Ayuda y documentación / Help and documentation	2
11 - Guardar el estado y proteger el trabajo / Save the state and protect the work	0
12 - Color y legibilidad / Colour and readability	3,66
13 - Autonomía / Autonomy	0
14 - Valores per defecto / Default values	0
15 - Reducción de la latencia / Latency reduction	2,64
	1,32
	0
	2
	0
	<b>31,56</b>
Completed Test	<b>100,0%</b>
MISSING questions	0
# Countable questions	43
# NON countable questions (Not applicable & Not a problem)	16
# WARNINGS	<b>1</b>

**Porcentaje de usabilidad**  
**"Usability" percentage** 71,7%

Fuente. Elaboración propia.

### Evaluador #3

Se adjunta la imagen correspondiente a las respuestas registradas por el evaluador/a tres durante la aplicación de la evaluación heurística.

### Figura 26

Resultados de la evaluación heurística del evaluador tres

RESULTADOS / RESULTS	
	Valores/Values
1- Visibilidad y estado del sistema / Visibility and system state	1,65
2 - Connexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos / Connection between the system and the real world, metaphor usage and human objects	2,65
4 - Consistencia y estándares / Consistency and standards	0
5 - Reconocimiento en lugar de memoria, aprendizaje y anticipación / Recognition rather than memory, learning and anticipation	3,63
7 - Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errors Help users recognize, diagnose and recover from errors	2,66
9 - Diseño estético y minimalista / Aesthetic and minimalist design	2,33
10 - Ayuda y documentación / Help and documentation	0
11 - Guardar el estado y proteger el trabajo / Save the state and protect the work	0
12 - Color y legibilidad / Colour and readability	0,33
13 - Autonomía / Autonomy	2,98
'14- Valores per defecto'IA1	0,33
15 - Reducción de la latencia / Latency reduction	0
0	20,22
<b>Completed Test</b>	<b>100,0%</b>
MISSING questions	0
# Countable questions	37
# NON countable questions (Not applicable & Not a problem)	23
# WARNINGS	0

**Porcentaje de usabilidad**  
**"Usability" percentage** **54,6%**

Fuente. Elaboración propia.

## Cálculo de la Media

Los resultados obtenidos en la evaluación heurística por parte de los tres expertos son:

**Figura 27**

*Resultados de la evaluación heurística por parte de los tres evaluadores*

RESULTADOS / RESULTS	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
	Valores/Values	Valores/Values	Valores/Values
1- Visibilidad y estado del sistema / Visibility and system state	3,99	3,99	1,65
2 - Conexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos / Connection between the system and the real world, metaphor usage and human objects	2,33	3,32	2,65
4 - Consistencia y estándares / Consistency and standards	0,33	0,99	0
5 - Reconocimiento en lugar de memoria, aprendizaje y anticipación / Recognition rather than memory, learning and anticipation	4,66	5,66	3,63
7 - Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores / Help users recognize, diagnose and recover from errors	3,98	3,65	2,66
9 - Diseño estético y minimalista / Aesthetic and minimalist design	3	2,33	2,33
10 - Ayuda y documentación / Help and documentation	0	2	0
11 - Guardar el estado y proteger el trabajo / Save the state and protect the work	0	0	0
12 - Color y legibilidad / Colour and readability	3,66	3,66	3,66
13 - Autonomía / Autonomy	0	0	0,33
14 - Valores per defecto!A1	0	0	0
15 - Reducción de la latencia / Latency reduction	0	2	0
	0		
	<b>25,91</b>	<b>31,56</b>	<b>20,22</b>
Completed Test	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>
MISSING questions	0	0	0
# Countable questions	35	43	37
# NON countable questions (Not applicable & Not a problem)	25	16	23
# WARNINGS	0	<b>1</b>	0
<b>Porcentaje de usabilidad "Usability" percentage</b>	<b>74,0%</b>	<b>71,7%</b>	<b>54,6%</b>

*Fuente.* Elaboración propia.

**Media (promedio)**

$$74.0 + 71.7 + 54.6 = 200.3$$

**Cantidad de valores: 3**

$$\text{Media} = 200.3 / 3 = 66.77$$

**Resultado:** La media es 66.77

## Análisis o apreciación

La media general de **66,77 refleja una valoración globalmente positiva** de la experiencia evaluada, según los principios heurísticos aplicados por los evaluadores participantes.

Sin embargo, se observan diferencias importantes entre los evaluadores, lo cual permite analizar:

### Variabilidad en la percepción

- El evaluador que otorgó **54,6** podría haber encontrado fallos relevantes en usabilidad, consistencia o comprensión de la interfaz, posiblemente con un enfoque más exigente o técnico.
- El evaluador con **74,0** valoró muy positivamente la experiencia, sugiriendo que la interfaz cumple en gran medida con los principios heurísticos.
- Esto puede evidenciar **diversidad de criterios o niveles de exigencia**, lo cual enriquece el análisis, pero también invita a revisar posibles áreas de mejora.

### Valoración general

- Una media de **74**, sobre 100 está por encima del punto medio (50), y se acerca al rango considerado **aceptable a bueno** en evaluaciones heurísticas.

Con base en estos resultados, puede afirmarse que la propuesta de experiencia en realidad aumentada constituye una base sólida en términos de usabilidad; no obstante, aún presenta oportunidades de mejora que conviene abordar, especialmente aquellas señaladas por el evaluador con mayor nivel de criticidad.

## Recomendación

- Se recomienda analizar en detalle las observaciones realizadas por los tres evaluadores, prestando especial atención tanto a los aspectos señalados como deficientes por quien otorgó el puntaje más bajo, como a las posibles omisiones o valoraciones indulgentes de quienes asignaron puntajes más altos.

Esta revisión comparativa permite identificar patrones, discrepancias y oportunidades comunes de mejora, particularmente en áreas como la legibilidad, la retroalimentación del sistema y la consistencia de la interfaz.

- Realizar iteraciones de mejora basadas en esos hallazgos y, si es posible, aplicar una reevaluación tras dichos cambios.
- Realizar una nueva evaluación con al menos otros tres evaluadores.

## Análisis de los resultados de la evaluación heurística

La evaluación heurística fue aplicada a tres expertos en experiencia de usuario, quienes valoraron la propuesta interactiva basada en Realidad Aumentada desarrollada para este estudio. Los puntajes obtenidos por cada evaluador fueron: 74.0, 71.7 y 54.6, respectivamente. A partir de estos valores se calculó una media aritmética de **66.77**, lo que sugiere una percepción general favorable del sistema evaluado en términos de cumplimiento de los principios heurísticos.

No obstante, el rango entre los puntajes revela diferencias significativas en la percepción individual de la usabilidad, lo que indica que la experiencia no fue evaluada de forma homogénea. La puntuación más baja (**54.6**) evidencia aspectos críticos que podrían no haber sido considerados con igual rigurosidad por los otros evaluadores. En este sentido, la media debe interpretarse con precaución: si bien indica una tendencia positiva, también sugiere la necesidad

de revisar detalladamente las observaciones cualitativas realizadas por cada experto para identificar tanto fortalezas como áreas de mejora.

Esta disparidad en los resultados puede atribuirse a diferencias en el nivel de exigencia, la experiencia previa o el enfoque metodológico adoptado por cada evaluador. Lejos de representar una debilidad, esta diversidad de criterios enriquece el proceso de evaluación, al aportar múltiples perspectivas sobre la propuesta interactiva. La media obtenida (66.77) sitúa la interfaz en un rango aceptable, lo que, valida parcialmente el diseño desarrollado en términos de usabilidad, aunque también evidencia áreas con potencial de mejora que conviene atender en futuras iteraciones.

En consecuencia, se recomienda considerar de manera especial las observaciones del evaluador más crítico, sin dejar de contrastarlas con los aportes de los otros expertos, a fin de identificar aspectos recurrentes y oportunidades clave de mejora. Esta revisión integral permitirá orientar futuras iteraciones del diseño, fortaleciendo la coherencia, efectividad y solidez de la experiencia de usuario ofrecida.

### ***Pruebas de usuario (observación, tareas, tiempos)***

Las pruebas con usuarios constituyen uno de los pilares del enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), ya que permiten observar el comportamiento real de las personas al interactuar con un sistema, identificando barreras de uso, patrones de navegación y oportunidades de mejora. En este caso, se realizaron pruebas formativas con el menú interactivo en realidad aumentada (RA), simulando el contexto de uso en un entorno físico.

### **Objetivo de las pruebas**

- Evaluar la efectividad, eficiencia y satisfacción del sistema desde la perspectiva de los usuarios.
- Detectar errores, dudas o bloqueos durante la interacción con el menú RA.
- Recoger datos cuantitativos (tiempos, errores, tasa de éxito) y cualitativos (comentarios, expresiones, observaciones).

### **Participantes**

Se seleccionaron **13 usuarios representativos**, cumpliendo los siguientes criterios de inclusión definidos:

- Edades entre 18 y 60 años.
- Uso habitual de smartphones.
- Sin experiencia previa con realidad aumentada.
- Familiarizados con menús digitales o apps de comida rápida.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de comenzar la sesión.

### **Tareas definidas**

Cada usuario debía completar una serie de tareas que simulan el uso real del sistema. Estas tareas fueron diseñadas para evaluar las principales funcionalidades del menú en RA.

**Tabla 8**

*Tareas definidas para evaluar las funcionalidades del menú en realidad aumentada*

<b>Tarea</b>	<b>Objetivo evaluado</b>
1. Tienes mucha hambre y estás considerando pedir algo de comer. En la mesa encuentras la carta del restaurante, donde se ofrece una hamburguesa. Vas a revisar los ingredientes de esta hamburguesa para decidir si te gustaría pedirla o no.	Enumerar los ingredientes de esta hamburguesa.
2. No lo tienes claro, estás entre dos opciones: Una hamburguesa y un perro caliente. Explorar ambos productos y, basándote en lo que ves y en la información adicional que se presenta, decide cuál elegirías	Evaluar la capacidad de comparación entre productos y el uso de la RA como apoyo a la decisión.
3. Estás acompañando a una persona con problemas cardiacos, que no puede consumir grasa. ¿Qué productos del menú le recomendarías y por qué?	Evaluar la localización de información específica en texto complementario.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Pregunta post-test adicional:**

¿Qué opinas sobre el uso de este tipo de interfaces con realidad aumentada en una situación real como usuario? ¿Crees que esta propuesta mejora la experiencia actual o preferirías una forma distinta de interacción? ¿Por qué?

## Métricas observadas

Las tareas definidas para esta prueba fueron formuladas con un alto nivel de concreción y claridad, con el fin de garantizar que todos los participantes realizaran las mismas acciones en condiciones comparables. Esta precisión metodológica es fundamental para asegurar la validez de las métricas cuantitativas recogidas durante las sesiones, tal como lo señala Nielsen (2000), quien destaca que solo mediante tareas bien definidas es posible medir con fiabilidad indicadores como el tiempo, la tasa de éxito y los errores.

Durante las sesiones se registraron las siguientes métricas por cada tarea:

- **Tiempo promedio por tarea (en segundos):** cantidad de tiempo que cada usuario tomó para completar la tarea desde que inició la interacción hasta que dio señales claras de finalización.
- **Tasa de éxito:** si la tarea fue completada correctamente, parcialmente, o no completada, según el criterio definido para cada objetivo.
- **Número de errores cometidos:** errores de navegación, fallos de interpretación del sistema, acciones incorrectas o bloqueos evidentes durante la ejecución de la tarea.
- **Comentarios cualitativos generales:** las expresiones verbales, el lenguaje corporal, las emociones percibidas (como frustración o satisfacción) y las estrategias de uso del sistema se registraron únicamente al finalizar la sesión, a través de preguntas abiertas de cierre y observación global del comportamiento. Estos elementos no se asociaron a tareas específicas, sino que fueron considerados como parte del análisis final posterior al test.

Estas métricas fueron registradas en una hoja de observación individual diseñada para cada sesión, lo que permitió estructurar el análisis posterior de forma sistemática y trazable.

Al finalizar cada sesión, se aplicó el **cuestionario SUS (System Usability Scale)**, un instrumento estandarizado ampliamente utilizado en el campo de la Interacción Humano-Computador (HCI) que permite conocer el nivel de satisfacción percibida justo después de utilizar una aplicación o un prototipo interactivo, cuya descripción detallada se encuentra en el apartado 7.3 del capítulo 7.

### **Registro de datos**

Los datos fueron registrados en una hoja de observación con columnas para:

- Usuario (anónimo o código).
- Tiempos por tarea.
- Número de errores.
- Comentarios o verbalizaciones.
- Puntaje de satisfacción.

*Ejemplo de comentario registrado:* “No sabía que podía mover el plato con el dedo.

Después lo descubrí y me gustó mucho”.

### **Instrumentación**

- Hoja de tareas impresas para el moderador.
- Cronómetro o función de temporizador en el celular.
- Dispositivo móvil estándar (Android y iOS).
- Hojas de observación personalizadas.
- Opcional: grabación de pantalla o nota de voz para análisis cualitativo posterior.

### **Consideraciones éticas**

- La participación fue voluntaria y anónima.
- No se recogieron datos personales sensibles.

- Se ofreció una breve explicación inicial y la posibilidad de retirarse en cualquier momento.

Como parte del protocolo ético, se elaboró un formulario de consentimiento informado que fue entregado a todos los participantes antes de iniciar la prueba. En este documento se explican los objetivos del estudio, la naturaleza voluntaria de la participación, la garantía de anonimato y la protección de datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012. El formulario completo se encuentra disponible en el **Anexo A**

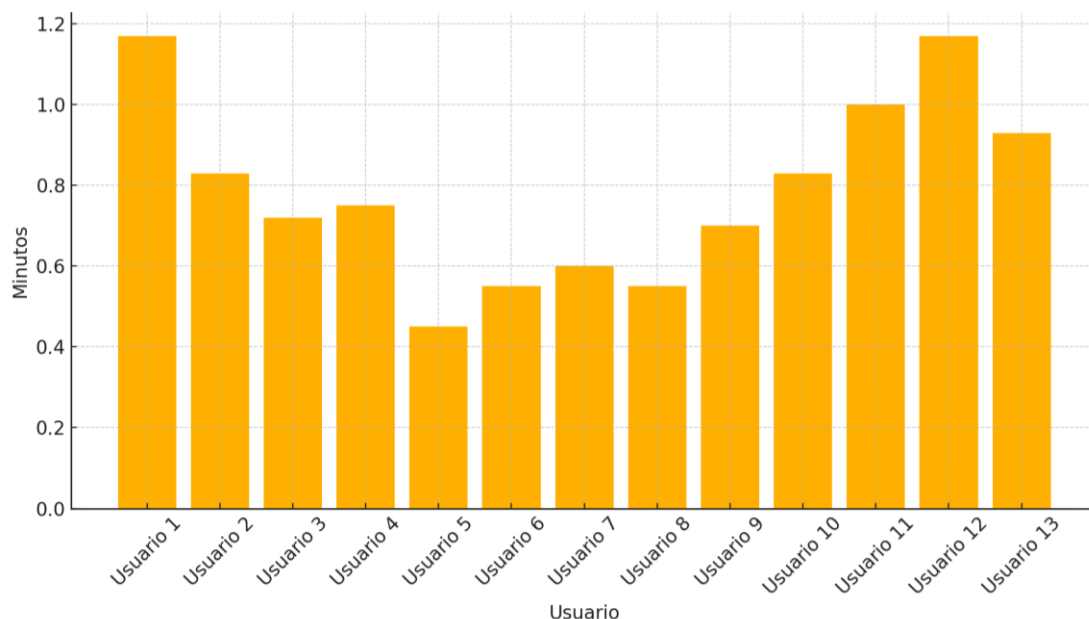
### **Resultados del Test de Usuarios**

A continuación, se presenta un análisis estructurado en cinco apartados que agrupan los principales resultados cuantitativos del test:

#### **Tiempo total por usuario (en minutos)**

Se registró el tiempo que cada usuario empleó en completar todas las tareas asignadas. Esta métrica permite evaluar la eficiencia del sistema desde el punto de vista de la usabilidad, entendida como el tiempo requerido para alcanzar objetivos propuestos sin dificultades.

Los resultados se expresan en tiempos exactos, lo que permite analizar con mayor precisión la duración de cada tarea durante la interacción con el prototipo.

**Figura 28***Tiempo total por usuario en minutos*

*Fuente.* Elaboración propia.

### **Frecuencias de respuestas por tipo de producto**

Los resultados muestran que:

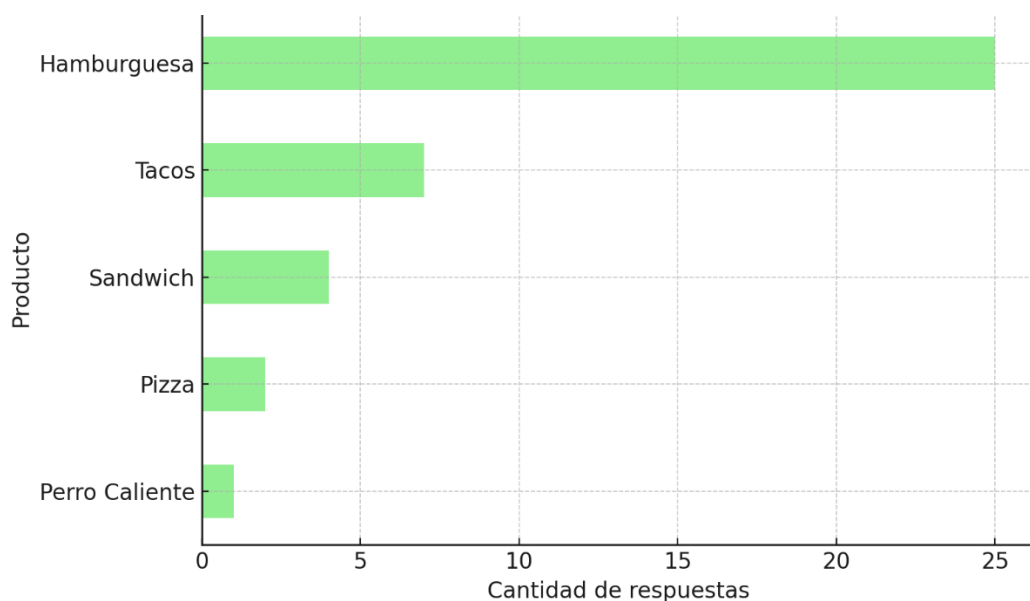
- **Hamburguesa** es el producto más seleccionado (25 veces).
- Le siguen **Tacos, Sándwich, Pizza, y Perro Caliente**.

El gráfico de barras presenta la frecuencia con la que los usuarios seleccionaron los distintos productos disponibles en el menú interactivo (hamburguesa, perro caliente, tacos, sándwich y pizza) durante el desarrollo de las tres tareas. Este recurso visual permite analizar patrones en la toma de decisiones dentro del entorno de interacción, evidenciando que la hamburguesa fue el producto más seleccionado, mientras que opciones como el perro caliente o la pizza registraron una menor recurrencia. Desde la perspectiva de la usabilidad, estos resultados pueden interpretarse como un indicio de cómo **la representación visual, la**

**disposición de los elementos y la claridad de la información** influyen en el proceso de elección. En particular, la alta selección de la hamburguesa podría estar relacionada con **una mayor efectividad comunicativa de su representación en RA**, lo cual sugiere que aspectos como el diseño visual y la percepción gráfica impactan directamente en la experiencia del usuario y su comportamiento dentro de la interfaz.

**Figura 29**

*Frecuencia de respuestas por tipo de producto*



*Fuente.* Elaboración propia.

### **Análisis de preferencias de productos por usuario**

Las siguientes figuras presentan los resultados obtenidos de las tres elecciones realizadas por cada uno de los 13 participantes durante el test. Las elecciones se codificaron por tipo de producto y se visualizaron de dos maneras complementarias: un gráfico de barras y una tabla codificada por color.

Se observa un gráfico de barras verticales que muestra la frecuencia con la que fueron seleccionados los distintos productos ofrecidos en el menú: hamburguesa, perro caliente, tacos, sándwich y pizza. Este gráfico permite identificar tendencias generales en la toma de decisiones de los usuarios a lo largo de las tres tareas. Se evidencia que la **hamburguesa fue el producto más seleccionado**, mientras que productos como el perro caliente o la pizza tuvieron menor recurrencia. Este comportamiento refleja una clara preferencia visual y posiblemente emocional hacia la hamburguesa, que pudo estar influenciada por la calidad gráfica de su representación en el entorno de RA.

### **Análisis de respuestas por tarea**

A continuación, se presenta un análisis individual de cada una de las tres tareas planteadas durante el test de usuarios, con el fin de identificar los patrones de comportamiento, preferencias de producto y criterios de decisión por parte de los participantes al interactuar con el menú en Realidad Aumentada (RA).

### **Elección del producto en la primera respuesta**

Se analiza el producto seleccionado por cada usuario al enfrentarse por primera vez a la carta en RA. Si bien esta elección podría interpretarse como una manifestación de atractivo inicial, es importante señalar que el diseño de la interfaz presentaba por defecto la hamburguesa como primer elemento visible. Por tanto, esta condición puede haber influido en la toma de decisiones, limitando la espontaneidad de la respuesta. En consecuencia, los resultados deben interpretarse considerando dicha variable, ya que la ubicación y visibilidad inicial de los

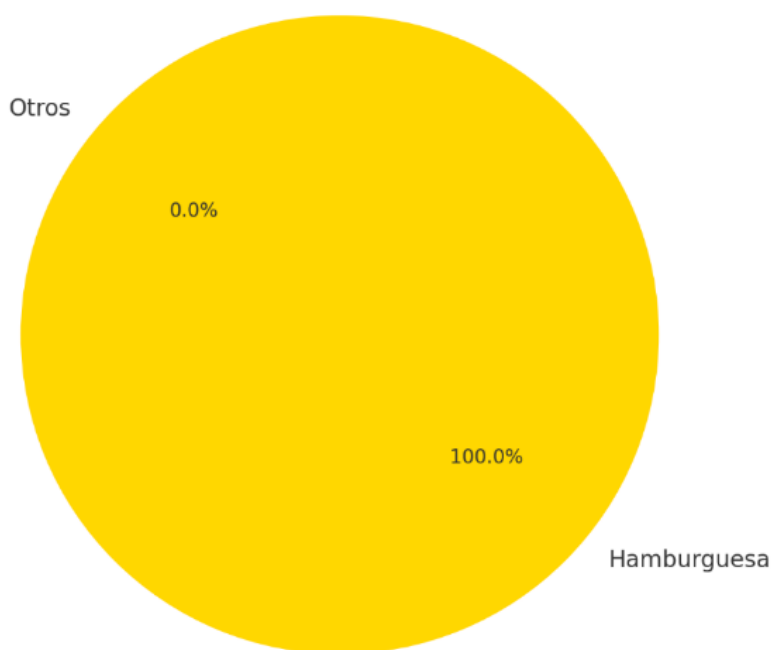
productos pueden afectar significativamente el comportamiento del usuario dentro del entorno interactivo.

En la gráfica se muestra que el **100% de los usuarios (13 de 13)** eligieron **Hamburguesa** como su primera respuesta. Esto indica una clara preferencia inicial por este producto.

### Figura 30

*Elección de la tarea uno*

Elección de Hamburguesa en la Primera Respuesta



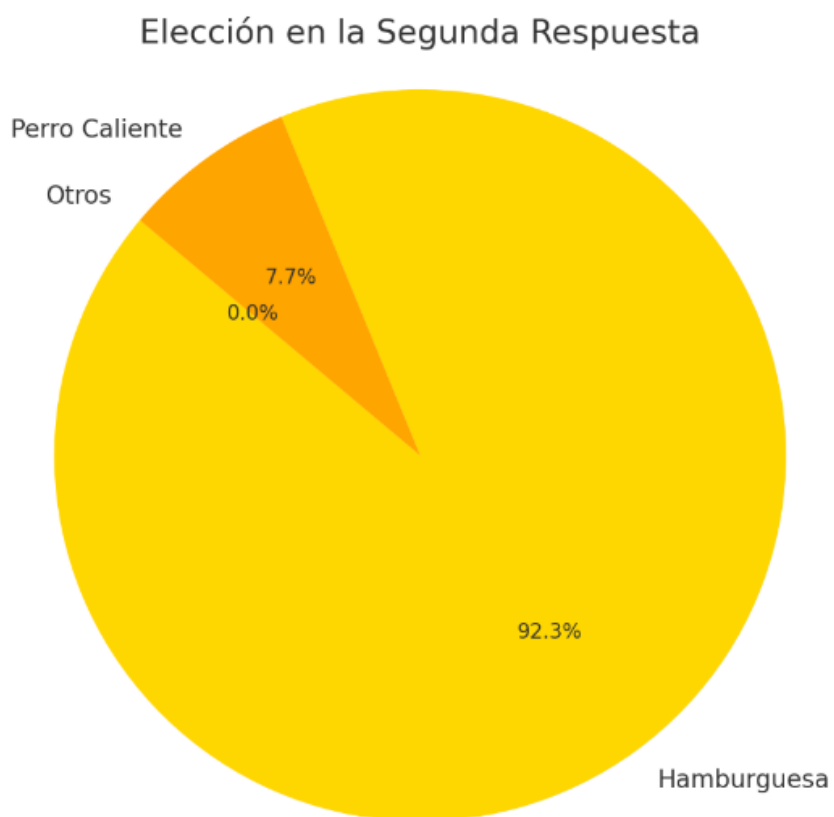
*Fuente.* Elaboración propia.

### Elección del producto en la segunda respuesta

En esta sección se identifican los productos que cada usuario manifestó como su preferencia personal una vez explorada la carta. A diferencia de la elección inicial, esta decisión ya se encuentra mediada por una interacción más profunda con el sistema, lo que permite analizar cambios de percepción o reafirmaciones en la elección inicial.

### Figura 31

*Elección de la tarea dos*



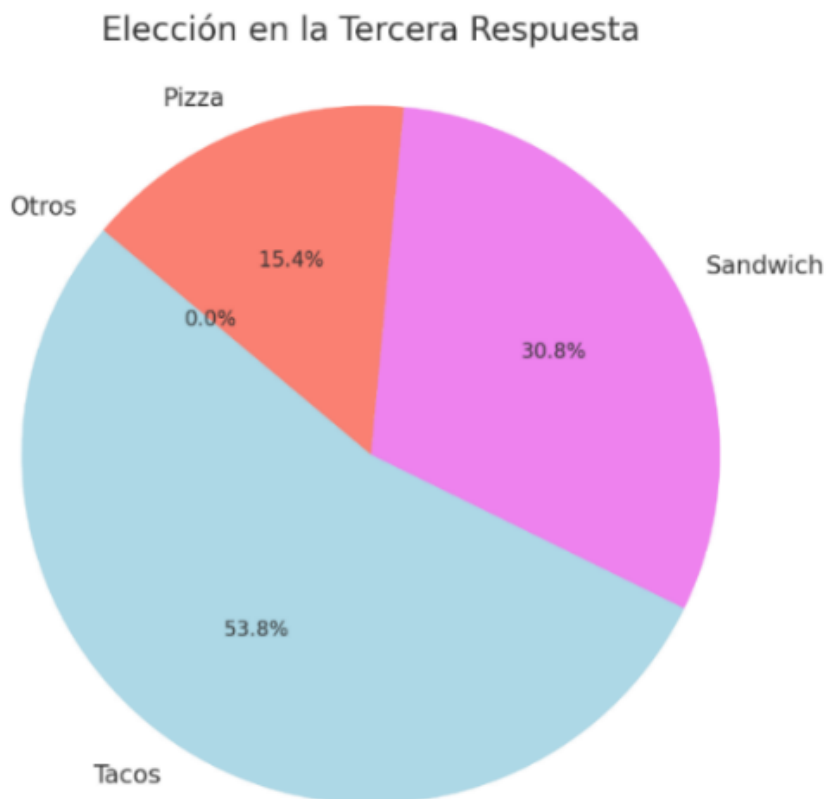
*Fuente.* Elaboración propia.

La gráfica circular que muestra las elecciones en la **segunda respuesta**:

- **Hamburguesa** fue elegida por **92.3%** de los usuarios (12 de 13).
- **Perro Caliente** fue elegida por **7.7%** de los usuarios (1 de 13).
- **Otros** no tuvo ninguna selección.

### **Elección del producto en la tercera respuesta**

Finalmente, se expone la elección de producto que cada usuario recomendaría a una persona con problemas de salud (específicamente afecciones cardíacas). Este análisis permite observar el nivel de razonamiento del usuario al momento de evaluar los ingredientes percibidos y su impacto en la salud, aportando una perspectiva sobre cómo se interpreta la información nutricional y visual ofrecida por la carta en RA.

**Figura 32***Elección de la tarea tres*

*Fuente.* Elaboración propia.

La gráfica circular que representa las elecciones en la **tercera respuesta**:

- 🌮 **Tacos** fue seleccionado por **53.8%** de los usuarios (7 de 13).
- 🥪 **Sándwich** por **30.8%** (4 de 13).
- 🍕 **Pizza** por **15.4%** (2 de 13).
- No hubo respuestas clasificadas como "Otros".

En conjunto, el análisis de las tres respuestas evidencia cómo la Realidad Aumentada puede influir en la toma de decisiones de los usuarios, especialmente cuando se trata de productos altamente visuales como los alimentos. La consistencia en la elección de la hamburguesa en las dos primeras tareas sugiere que la representación gráfica y la información presentada fueron efectivas para captar la atención y generar preferencia. Sin embargo, la diversidad de respuestas en la tercera tarea indica que los usuarios también aplicaron juicios personales relacionados con salud y nutrición, lo que resalta la importancia de proporcionar información clara y confiable en interfaces aumentadas. Estos hallazgos refuerzan el valor de la RA como herramienta complementaria en la experiencia de usuario, especialmente cuando se combina con estrategias de diseño centradas en las necesidades, contexto y expectativas del público objetivo.

### **Tabla de resultados por usuario**

La siguiente tabla presenta de manera resumida los datos recolectados durante el test de usuarios aplicado a 13 participantes. Cada fila corresponde a un usuario e incluye:

- Las respuestas a tres tareas diseñadas para simular un proceso real de elección de productos en un restaurante con carta en Realidad Aumentada.
- El tiempo total que cada usuario tardó en completar dichas tareas, medido en segundos.
- Las elecciones específicas de producto en cada una de las tres respuestas: elección inicial (hamburguesa), preferencia entre opciones (hamburguesa o perro caliente), y recomendación para una persona con restricciones de salud (como problemas cardíacos).

Este conjunto de datos permite analizar tanto la eficiencia en el uso del sistema (a través del tiempo de ejecución), como las decisiones de los usuarios en relación con el diseño visual, informativo y funcional de los productos presentados en el entorno RA. A partir de esta tabla se derivan los gráficos y análisis presentados en los apartados siguientes.

**Figura 33**

*Resultados del test de usabilidad: tiempos por tarea y decisiones de los usuarios*

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3						
Usuarios	Tienes mucha hambre y estás considerando pedir algo de comer. En la mesa encuentras la carta del restaurante, donde se ofrece una hamburguesa. Vas a revisar los ingredientes de esta hamburguesa para decidir si te gustaría pedirla o no		No lo tienes claro, estás entre dos opciones: una hamburguesa y un perro caliente. Explorar ambos productos y, basándote en lo que ves y en la información adicional que se presenta, decide cuál elegirías		Estás acompañando a una persona con problemas cardíacos, que no puede consumir grasa. ¿Qué productos del menú le recomendarías y por qué?		Tiempo	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	
Usuario 1	Si	20 Segs	Si	30 Segs	Si	20 Segs	70 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	
Usuario 2	Si	25 Segs	Si	10 Segs	Si	15 Segs	50 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Sándwich	
Usuario 3	Si	11 Segs	Si	16 Segs	Si	16 Segs	43 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	
Usuario 4	Si	15 Segs	Si	15 Segs	Si	15 Segs	45 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Sándwich	
Usuario 5	Si	15 Segs	Si	5 Segs	Si	7 Segs	27 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	
Usuario 6	Si	10 Segs	Si	15 Segs	Si	8 Segs	33 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	
Usuario 7	Si	20 Segs	Si	10 Segs	Si	6 Segs	36 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Sándwich	
Usuario 8	Si	15 Segs	Si	13 Segs	Si	5 Segs	33 Segs	Hamburguesa	Perro Caliente	Tacos	
Usuario 9	Si	22 Segs	Si	13 Segs	Si	7 Segs	42 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Pizza	
Usuario 10	Si	28 Segs	Si	12 Segs	Si	10 Segs	50 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Pizza	
Usuario 11	Si	25 Segs	Si	20 Segs	Si	15 Segs	60 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Sándwich	
Usuario 12	Si	30 Segs	Si	10 Segs	Si	20 Segs	70 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	
Usuario 13	Si	15 Segs	Si	30 Segs	Si	11 Segs	56 Segs	Hamburguesa	Hamburguesa	Tacos	

*Fuente.* Elaboración propia.

Con respecto a la tabla anterior podemos ver la efectividad porque todos los usuarios terminaron las tareas.

Con base en los **tiempos ideales para el desarrollo de las tareas** se obtiene el siguiente análisis de eficiencia:

## Resultados

Se consideró eficiente a todo usuario que completó la tarea en un tiempo igual o menor al tiempo ideal definido para cada una.

**Tabla 9**

*Distribución de usuarios eficientes e ineficientes por tarea según tiempo ideal*

<b>Tarea 1 (Tiempo ideal: 15s)</b>	<b>Tarea 2 (Tiempo ideal: 13s)</b>	<b>Tarea 3 (Tiempo ideal: 18s)</b>
● 6 usuarios eficientes	● 7 usuarios eficientes	● 11 usuarios eficientes
● 7 usuarios ineficientes	● 6 usuarios ineficientes	● 3 usuarios ineficientes

*Fuente.* Elaboración propia.

Al evaluar la eficiencia temporal frente a los tiempos ideales establecidos para cada tarea, se observa que la mayoría de los usuarios completaron la **Tarea 1** y la **Tarea 3** dentro del tiempo estimado, lo que indica un adecuado desempeño del sistema en cuanto a velocidad de respuesta y facilidad de uso en esas interacciones. Sin embargo, en la **Tarea 2**, solo un 31% de los usuarios fue eficiente, lo cual podría deberse a la mayor carga cognitiva al comparar dos productos o a una posible ambigüedad en la presentación de la información. Estos hallazgos sugieren que, si bien el prototipo favorece la eficiencia en tareas simples o de selección directa, aún puede optimizarse en aquellas que requieren análisis o toma de decisiones más compleja.

En este estudio, el nivel de satisfacción percibido por los usuarios fue evaluado mediante el cuestionario SUS (System Usability Scale), al finalizar las sesiones de prueba, los participantes completaron dicho cuestionario, y los resultados obtenidos arrojaron un puntaje

promedio de **84.62**. De acuerdo con la interpretación establecida por Bangor et al. (2009), este valor se ubica dentro de la categoría de **usabilidad excelente**, lo que indica un **alto nivel de satisfacción** con la experiencia ofrecida por el sistema interactivo desarrollado.

 Tiempo dentro del rango ideal       Tiempo por encima del rango ideal

**Tabla 10**

*Resultados cuantitativos individuales de los usuarios en el desarrollo de las tareas*

	Tarea 1		Tarea 2		Tarea 3	
	Completada	Tiempo	Completada	Tiempo	Completada	Tiempo
Usuario 1	Si	20 s	Si	30 s	Si	20 s
Usuario 2	Si	25 s	Si	10 s	Si	15 s
Usuario 3	Si	11 s	Si	16 s	Si	16 s
Usuario 5	Si	15 s	Si	15 s	Si	15 s
Usuario 4	Si	15 s	Si	5 s	Si	7 s
Usuario 6	Si	10 s	Si	15 s	Si	8 s
Usuario 7	Si	20 s	Si	10 s	Si	6 s
Usuario 8	Si	15 s	Si	13 s	Si	5 s
Usuario 9	Si	22 s	Si	13 s	Si	7 s
Usuario 10	Si	28 s	Si	10 s	Si	10 s
Usuario 11	Si	25 s	Si	20 s	Si	15 s
Usuario 12	Si	30 s	Si	10 s	Si	20 s
Usuario 13	Si	15 s	Si	30 s	Si	11 s

*Fuente.* Elaboración propia.

## **Resultados cualitativos individuales de los usuarios en el desarrollo de las tareas**

### **Usuario 1**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere los tacos como una alternativa adecuada para una persona con afecciones cardíacas, al considerarlos una opción más saludable en términos nutricionales.

### **Respuesta a la pregunta final**

Basado en su experiencia en el desarrollo de un emprendimiento en el sector de la construcción, donde quizás hace más de 8 años el mercado no estaba preparado para este tipo de tecnología, dice que la Realidad Aumentada no agrega valor especialmente en temas de comidas.

Dice que es más la tendencia del momento, decir, que se utiliza este tipo de tecnologías en cualquier situación cotidiana cuando lo considera innecesario.

Sugiere que, para el sector de comidas y/o comidas rápidas, la implementación de Realidad Aumentada aún no resulta suficientemente pertinente en términos de evidenciar la calidad de los alimentos o sus ingredientes. A pesar de contar con un buen componente gráfico, desde el punto de vista de la usabilidad, aún no se percibe cómo el hecho de escanear una carta y visualizar los productos en RA pueda aportar un mayor valor en comparación con la experiencia tradicional de consultar un menú impreso.

Que prefiere este tipo de tecnología en servicios que vendan y cuenten experiencias de como se hace el producto, que hay detrás del producto, porque así se presta para ver y contar una historia que en la carta no aparece.

**Usuario 2**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere el sándwich por considerar que los ingredientes son suaves y pueden afectar poco al corazón de este tipo de personas.

**Respuesta a la pregunta final**

Expresa que es algo innovador y considera que no es para todos los públicos y edades, porque no todos pueden tener acceso a un celular que pueda leer código QR y que estén tan familiarizado con el tema.

**Usuario 3**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, sugiere que los ingredientes estén escritos de forma creativa, construir un buen storytelling de los ingredientes más narrativos no en forma de listado. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto, además expresa que, en la imagen del perro caliente, todos sus ingredientes no son tan visibles, habiendo así una falta de relación de la imagen con el texto. En la tercera tarea, sugiere los tacos.

**Respuesta a la pregunta final**

Expresa que le encanta la propuesta, siente que es muy disruptiva, teniendo en cuenta que es un prototipo espera que en un producto final ver el producto, girarlo, ver algo muy cercano con la realidad. Le gustaría mucho más una experiencia en Realidad Aumentada que tradicional, por que influye en la decisión de compra ver lo apetitoso y la calidad que se ve el producto. Sugiere poner los elementos de la carta en Realidad Aumentada en un punto especial de la carta

o de la mesa y que se puedan ver los ingredientes, tamaños esto permite aumentar más la experiencia, que el precio del producto se vea también en la interfaz de Realidad Aumentada, porque si la atención está puesta en la plataforma es muy fácil olvidar la carta impresa.

#### **Usuario 4**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, dice que la herramienta está bien desarrollada y que el perro caliente no es provocativo y que de manera general sería muy bueno jugar con videos y fotografías muy reales, que las imágenes en 3D si no son realistas, no captan el sentido de la vista para ser provocativo y lo ve muy caricaturesco. También dice que, si tiene la carta con los productos para que escanear para verlos, más bien la pueda utilizar teniendo en cuenta el branding para hablar de los productos. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto.

#### **Respuesta a la pregunta final**

En una situación real como usuario prefiere una experiencia híbrida, porque no se puede guiar y/o obligar a las personas hacer algo.

Porque en personas de 60 a 70 años en adelante que no están muy familiarizados con la tecnología la carta puede perder el objetivo y no es muy tangible.

En usuarios que utilizan la tecnología de manera frecuente esta interfaz es muy innovadora.

Sugiere que las imágenes de la carta impresa, las de Realidad Aumentada y el producto final sean congruentes.

También es importante tener en cuenta el tipo de público que va al restaurante, teniendo en cuenta esos públicos tener la carta impresa completa, lo mismo que la digital en Realidad

Aumentada, donde habría una experiencia interactiva de como preparan los productos más que un objeto dinámico o estático.

### **Usuario 5**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, porque la imagen es de muy buena calidad, siente que el formato genera un toque de provocación por el producto. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere los tacos porque tiene menos cantidad de grasa con respecto a los demás productos.

### **Respuesta a la pregunta final**

Considera que en la actualidad existen muchos tipos de restaurantes y lo que más tiene relevancia es el que sea diferente a los demás. En su experiencia no ha ido a un restaurante que tenga Realidad Aumentada y si lo encuentra la experiencia lo dejaría impactado.

### **Usuario 6**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, pero sin pepinillos ya que no le gusta ese ingrediente. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere los tacos porque tienen menos salsas.

### **Respuesta a la pregunta final**

Considera mejor las experiencias manuales por que las tecnológicas se le dificultan un poco y siente que a las personas mayores de edad se les dificultaría más, pero que a los jóvenes les encantaría este tipo de experiencias porque es una idea muy buena ya que se pueden ver como llegarían los productos a la mesa lo cual contagia más.

**Usuario 7**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, por el tamaño de la carne. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto, porque le gusta más que el perro caliente. En la tercera tarea, sugiere el Sándwich.

**Respuesta a la pregunta final**

Le parece interesante porque se puede ver cómo será el producto una vez pedido. Lo considera una buena estrategia, personalmente es muy exigente en los ingredientes de los productos más que en lo sea el mismo.

**Usuario 8**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, por el detalle de sus ingredientes. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por el perro caliente ya que sus ingredientes también son muy buenos. En la tercera tarea, sugiere los tacos.

**Respuesta a la pregunta final**

Le gusta la idea y espera que la imagen con la cual está interactuando sea la misma que se va a ver en la realidad.

**Usuario 9**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, porque se ve muy bien y no está saturada de salsas. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere la pizza.

**Respuesta a la pregunta final**

Muchas veces muestran imágenes de los productos y es totalmente diferente con la realidad, porque muchas veces encontramos publicidad en las cartas de comidas, pero cuando llega el producto a la mesa es diferente.

Sería bueno saber el tamaño del producto a gran escala para así tener una idea del tamaño real, también una opción a tener en cuenta que los usuarios tenga la posibilidad de elegir algunos de los ingredientes de los productos.

**Usuario 10**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, porque se ve muy provocativa, completa y fina, al tener mucha hambre es su decisión. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto, porque el perro caliente no está tan provocativo como la hamburguesa por las salsas revueltas encima visualmente no apetece. En la tercera tarea, sugiere la pizza.

**Respuesta a la pregunta final**

Piensa que si esta propuesta la implementaran en los establecimientos de comidas siempre y cuando los productos sean como se ven en la carta impresa y en la interfaz de Realidad Aumentada podría ser un arma de doble filo ver los productos tan provocativos y que una vez lleguen a la mesa sea algo diferente a lo propuesto inicialmente. Pero si van a ofrecerlos y llevar a la mesa como están mostrando en los dos ambientes, dan muchas ganas de comer e incitan el hambre.

**Usuario 11**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, pero le quitaría los pepinillos ya que no son de su gusto. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto, aunque los ingredientes del perro caliente están muy interesantes. En la tercera tarea, sugiere el Sándwich.

**Respuesta a la pregunta final**

Expresa que la interfaz es muy innovadora, además no había tenido este tipo de experiencia, es muy llamativo ver los productos a una escala real y los ingredientes le parecen bien.

**Usuario 12**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa resaltando el gusto por la cebolla caramelizada. En la segunda, en lo personal escogería la hamburguesa por el tamaño que puede saciar el hambre y los ingredientes se ven muy interesantes. En caso de escoger el perro cambiaría la salchicha americana por ranchera. En la tercera tarea, sugiere los tacos.

**Respuesta a la pregunta final**

Expresa que le gusta la idea y le parece muy interesante, pero si la imagen impresa y representada en Realidad Aumentada no se ven tan provocativos eso puede generar un impacto negativo o pedir algo diferente al gusto de la persona por encontrar una imagen poco atractiva. Sugiere usar imágenes muy reales a los productos tal cual van a llegar a la mesa ya que puede ser lo mejor, entendiendo todo el proceso que eso conlleva.

Al ver girar los productos, hacer zoom y moverlos le pareció aún más interesante la interfaz, porque se puede detallar más los ingredientes y el producto. El uso de imágenes reales tal cual es el producto lo hace muy innovador.

### **Usuario 13**

En la primera tarea, el participante opta por solicitar la hamburguesa, por la carne que se ve muy apetitosa al estar en 3D y muy realista provoca hambre. En la segunda, manifiesta una clara preferencia por dicho producto. En la tercera tarea, sugiere los tacos porque tienen buena verdura.

### **Respuesta a la pregunta final**

El desarrollo de una propuesta como esta en Realidad Aumentada hace que los productos se vean muy reales y agradables al sentido de la vista.

### ***Evaluación de la Usabilidad Percibida mediante el Cuestionario SUS***

Con el objetivo de evaluar la usabilidad percibida de un sistema de realidad aumentada aplicado a un menú de comidas rápidas, se aplicó el cuestionario SUS (System Usability Scale) a un total de 13 participantes, una vez finalizada su interacción con el prototipo.

### **Resultados cuantitativos del test desarrollado**

- **Puntaje promedio general (media):** 84.62
- **Desviación estándar:** 14.28

Estos resultados reflejan una percepción positiva destacada por parte de los usuarios. De acuerdo con las interpretaciones de Bangor, Kortum y Miller (2009), un puntaje superior a 80.3

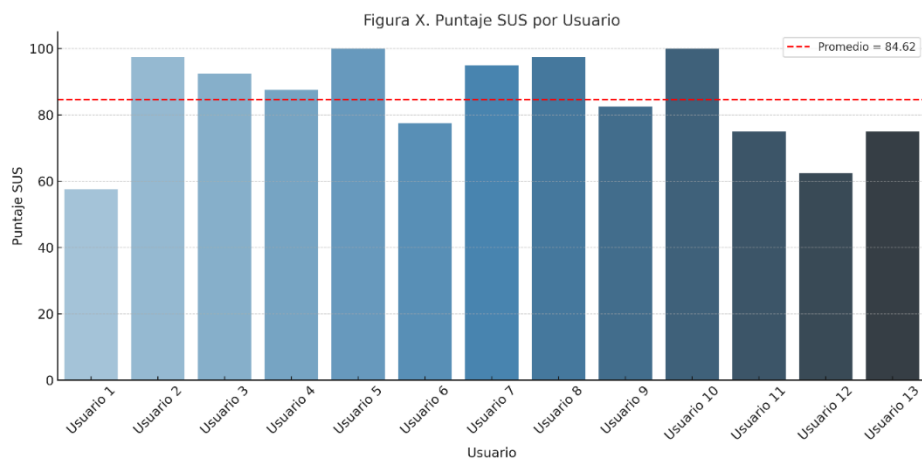
se clasifica como "**excelente**", lo cual sitúa la experiencia evaluada dentro de los estándares más altos de satisfacción en usabilidad. Además, la desviación estándar relativamente baja indica **consistencia en las respuestas**, es decir, que la mayoría de los participantes compartieron una percepción similar sobre la facilidad de uso e interacción con el sistema.

### Puntaje SUS por usuario

La línea roja discontinua representa el promedio general de los 13 participantes (84.62 puntos). Se evidencia una tendencia uniforme hacia puntuaciones altas, lo que indica una percepción positiva y consistente de la usabilidad del sistema evaluado.

### Figura 34

*Distribución de los puntajes obtenidos por cada usuario en el cuestionario System Usability Scale (SUS)*



*Fuente.* Elaboración propia.

## Resultados individuales del cuestionario SUS

Aquí podemos ver cómo fueron las respuestas de los usuarios que participaron en el test de usuarios.

**Tabla 11**

*Detalle de las respuestas por cada ítem del cuestionario SUS para cada participante*

Usuarios	SUS 1	SUS 2	SUS 3	SUS 4	SUS 5	SUS 6	SUS 7	SUS 8	SUS 9	SUS 10	Total	Puntaje SUS
Usuario 1	1	3	4	2	3	2	3	3	4	2		57,5
Usuario 2	4	1	5	1	5	1	5	1	5	1		97,5
Usuario 3	5	1	4	1	4	1	4	1	5	1		92,5
Usuario 4	5	1	5	3	5	2	4	2	5	1		87,5
Usuario 5	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1		100
Usuario 6	5	1	5	4	3	4	4	1	5	1		77,5
Usuario 7	5	1	5	1	5	1	3	1	5	1		95
Usuario 8	5	1	5	1	5	1	4	1	5	1		97,5
Usuario 9	5	1	1	1	5	1	3	2	5	1		82,5
Usuario 10	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1		100
Usuario 11	4	2	4	1	4	3	4	2	4	2		75
Usuario 12	3	4	3	2	4	2	3	2	4	2		62,5
Usuario 13	4	2	4	1	4	1	3	3	3	1		75

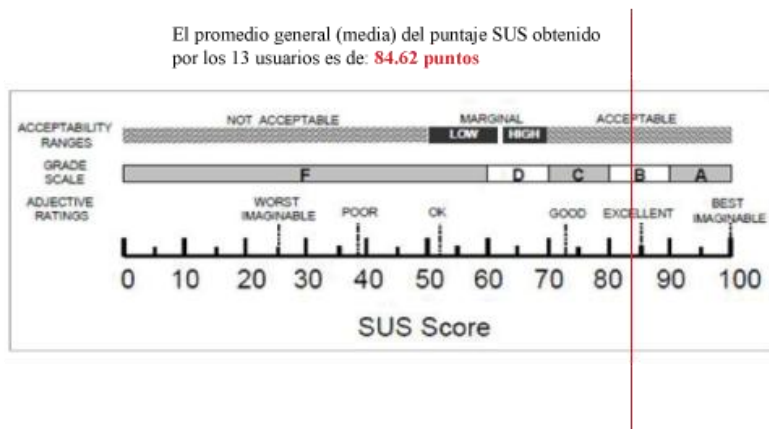
*Fuente.* Elaboración propia.

El **promedio general (media)** del puntaje SUS obtenido por los 13 usuarios es de:

**84.62 puntos**

**Figura 35**

*Clasificación del puntaje SUS obtenido según la escala de interpretación de Bangor*



*Fuente.* Tomado de *SUS Score* [Figura], por J. Brooke, 2013. En ResearchGate.

[https://www.researchgate.net/figure/SUS-Score-Brooke-2013\\_fig13\\_367254191](https://www.researchgate.net/figure/SUS-Score-Brooke-2013_fig13_367254191)

El análisis del cuestionario SUS respalda que la solución propuesta presenta un **alto nivel de usabilidad percibida**, lo cual valida positivamente el diseño centrado en el usuario aplicado durante el desarrollo del caso práctico de realidad aumentada aplicado a un menú de comidas rápidas.

**Resultados Generales de la Evaluación Heurística y los Test de Usuarios:** La evaluación de la experiencia de usuario (UX) del prototipo de menú en Realidad Aumentada (RA) se llevó a cabo mediante dos métodos complementarios: evaluación heurística con expertos y pruebas de usabilidad con usuarios reales. En conjunto, estos métodos permitieron obtener una visión amplia y detallada sobre la usabilidad, efectividad y aceptación del sistema desarrollado.

En cuanto a la **evaluación heurística**, realizada por tres expertos en UX aplicando el modelo ampliado de Toni Granollers, se obtuvieron puntuaciones individuales de 74.0 y 71.1,

54.6, arrojando un **promedio global de usabilidad del 72.8**. Este resultado indica un nivel de usabilidad **aceptable a bueno**, con diferencias entre evaluadores que evidencian distintas percepciones sobre aspectos como consistencia, retroalimentación del sistema y claridad de la interfaz. Los hallazgos permitieron priorizar mejoras en la presentación visual, instrucciones de uso y alineación entre contenido físico y digital.

Por otro lado, los **test de usuarios**, aplicados a 13 participantes con experiencia en el uso de smartphones, pero sin conocimiento previo de RA, ofrecieron resultados altamente positivos. **El puntaje promedio del cuestionario SUS fue de 84.62.**

Los tiempos registrados por los participantes al completar las tareas oscilaron entre **27 y 70 segundos**, lo que evidencia una **variabilidad considerable** en el desempeño. Esta diferencia puede atribuirse a factores individuales o a la forma en que los usuarios interpretaron y navegaron por la interfaz.

Los usuarios expresaron opiniones variadas, destacando la innovación y el valor visual del sistema, pero también señalando oportunidades de mejora en el realismo de los modelos 3D, la congruencia entre lo que se muestra en RA y el producto real, y la necesidad de considerar distintos perfiles de usuario (por ejemplo, adultos mayores con menor familiaridad tecnológica).

En conjunto, los resultados validan la eficacia del enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) aplicado al desarrollo del sistema y confirman que las experiencias en RA pueden ser intuitivas, atractivas y funcionales si se diseñan teniendo en cuenta las necesidades y expectativas reales de los usuarios.

**Aportes a la teoría y práctica del diseño UX en Realidad Aumentada (RA):** Desde una perspectiva **teórica**, esta investigación contribuye a consolidar el marco conceptual que articula los principios del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) con las particularidades de la

experiencia inmersiva en entornos de RA. Al integrar referencias normativas como la ISO 9241-210 y modelos como el de Morville y Garrett, la tesis ofrece una base estructurada para evaluar y diseñar experiencias en sistemas que combinan lo físico y lo digital. Además, al aplicar y adaptar técnicas de evaluación como la heurística ampliada de Granollers y el cuestionario SUS en contextos aumentados, se enriquece el cuerpo metodológico disponible para investigaciones en UX aplicada a tecnologías emergentes.

En el plano **práctico**, el estudio propone y valida un caso de uso concreto —un menú de comida rápida con visualización 3D a través de WebAR— que demuestra cómo es posible desarrollar experiencias de usuario funcionales, accesibles y con alto grado de aceptación utilizando herramientas disponibles y sin necesidad de aplicaciones nativas. El prototipo desarrollado y evaluado ofrece una guía replicable para futuros diseñadores e investigadores que deseen aplicar UX en RA desde una perspectiva centrada en el usuario, considerando variables como contexto de uso, perfil del usuario, fidelidad visual, tiempo de carga y percepción emocional.

Este doble aporte favorece la **evolución del diseño UX en RA hacia una práctica más contextual, inclusiva y validada**, promoviendo estándares de calidad en la creación de experiencias inmersivas que trasciendan la mera innovación tecnológica para centrarse en el verdadero valor percibido por el usuario final.

## Conclusiones

A partir del desarrollo del caso práctico y la aplicación de métodos de evaluación centrados en el usuario, este estudio permite extraer una serie de conclusiones generales que responden al objetivo principal de optimizar la experiencia de usuario (UX) en sistemas de Realidad Aumentada (RA) basados en Marker Tracking. Estas conclusiones recogen los aprendizajes clave obtenidos durante el proceso de diseño, implementación y validación del prototipo, y evidencian el impacto del enfoque metodológico adoptado sobre la percepción, usabilidad y aceptación del sistema evaluado.

La aplicación del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) mejora significativamente la experiencia en sistemas de Realidad Aumentada (RA). El enfoque iterativo permitió detectar y resolver problemas de usabilidad a lo largo del desarrollo del prototipo, demostrando su efectividad en contextos prácticos como el menú interactivo de comida rápida.

El uso de tecnologías accesibles como WebAR y Marker Tracking posibilita experiencias inmersivas sin necesidad de aplicaciones externas, facilitando la adopción por parte de usuarios con diferentes niveles de experiencia tecnológica. Esta accesibilidad fue clave para obtener altos niveles de satisfacción, como lo evidencian los puntajes obtenidos en el cuestionario SUS (promedio: 84.62, categoría “excelente”).

Los resultados del test de usuarios revelan una fuerte preferencia visual y emocional por productos como la hamburguesa, influenciada por la representación en RA, lo que demuestra el poder de esta tecnología para incidir en la toma de decisiones en escenarios reales de consumo.

La evaluación heurística arrojó un nivel de usabilidad promedio de 72.8, lo que indica una experiencia aceptable a buena desde una perspectiva experta, aunque con oportunidades de

mejora en aspectos como retroalimentación, consistencia visual y claridad en los elementos interactivos.

La percepción general de los participantes fue positiva, destacando el valor innovador de la experiencia y su potencial para transformar la forma tradicional de presentar productos. Sin embargo, también se identificaron barreras relacionadas con el nivel de realismo, la familiaridad tecnológica y la consistencia entre la RA y el producto final entregado.

### **Recomendaciones.**

Con base en los hallazgos obtenidos a lo largo del estudio, se plantean a continuación una serie de recomendaciones orientadas a fortalecer futuros desarrollos en experiencias de RA con técnicas de Marker Tracking. Estas sugerencias buscan mejorar aspectos técnicos, visuales, comunicativos y de inclusión, considerando tanto las observaciones de los usuarios como los criterios de expertos, con el fin de orientar nuevas iteraciones de diseño más efectivas, accesibles y alineadas con las expectativas del usuario final.

Incrementar el realismo y la fidelidad visual de los modelos 3D, asegurando que la representación en RA coincida estrechamente con el producto físico final. Esto fortalecerá la credibilidad y la confianza del usuario.

Incluir instrucciones más visibles y accesibles dentro de la carta impresa y la interfaz aumentada, especialmente para usuarios con baja familiaridad tecnológica. Esto podría incluir íconos explicativos, animaciones iniciales o tutoriales breves.

Considerar audiencias diversas y necesidades de accesibilidad, incorporando opciones como control por voz, subtítulos, feedback háptico o visual alternativa para mejorar la inclusión.

Explorar el potencial de la RA para contar historias y generar contenido emocionalmente significativo, más allá de mostrar productos, lo cual puede mejorar la experiencia general del usuario y fomentar una mayor conexión con la marca.

Ampliar el uso del cuestionario SUS u otras herramientas estandarizadas en fases posteriores de validación, con el fin de reforzar la comparabilidad y solidez de los resultados, especialmente si se desea replicar la experiencia en otros contextos o sectores.

Estudiar la escalabilidad de esta solución en entornos reales, como restaurantes o comercios, considerando variables como el tipo de público, infraestructura tecnológica disponible y nivel de interacción esperado.

## Referencias

- Aggarwal, R., & Singhal, A. (2019, January). Augmented Reality and its effect on our life. In *2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)* (pp. 510-515). IEEE.
- Aguirre, E., Ferrer, M., Bustos, B., & Méndez, R. (2020). UX Design: una metodología para el diseño de proyectos digitales eficientes centrados en los usuarios. *Espacios*, 41(5), 1-9.
- Aplicación móvil como una herramienta para brindar apoyo, con el problema de la dislalia simple del fonema de la letra r fuerte, APP PARLANCHÍN
- Congreso de Colombia. (1982). Ley 23 de 1982: Sobre derechos de autor. Diario Oficial No. 35.354. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=314>
- Congreso de Colombia. (2009). Ley 1341 de 2009: Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las TIC. Diario Oficial No. 47.426. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4276>
- Devagiri, J. S., Paheding, S., Niyaz, Q., Yang, X., & Smith, S. (2022). Augmented Reality and Artificial Intelligence in industry: Trends, tools, and future challenges. *Expert Systems with Applications*, 207, 118002.

- Devagiri, J. S., Paheding, S., Niyaz, Q., Yang, X., & Smith, S. (2022). Augmented Reality and Artificial Intelligence in industry: Trends, tools, and future challenges. *Expert Systems with Applications*, 207, 118002. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118002>
- Dey, A., Billingham, M., Lindeman, R. W., & Swan II, J. E. (2018). A systematic review of 10 years of augmented reality usability studies: 2005 to 2014. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 37. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00037>
- Esparza Cabanillas, P. D. P. (2022). Rediseño de un software de punto de venta aplicando técnicas de Diseño Centrado en el Usuario.
- García Scoles, G. N. (2022, septiembre). *Evaluaciones heurísticas para contextos colaborativos* [Trabajo de fin de grado, Universitat de Lleida, Escola Politècnica Superior]. Repositori UdL. <http://hdl.handle.net/10459.1/83817>
- Godoy, M. E., Izcovich, M., & Apollonio, A. (2021). Diseño centrado en los usuarios. *ACTAS- Jornadas de Investigación*, 3106-3127.
- Gonzalez-Bañales, Dora Luz (2025). Métodos y Técnicas de Diseño Centrado en el Usuario Una Guía para la Investigación de Usuarios. figshare. Preprint. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28347266.v2>
- Granollers, T. (2018). *Usability Evaluation with Heuristics: New Proposal from Integrating Two Trusted Sources*. In A. Marcus & W. Wang (Eds.), *Design, User Experience, and Usability: Theory and Practice* (pp. 97–113). Lecture Notes in Computer Science, vol 10918. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91797-9\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91797-9_28)
- Granollers, T. (2021, abril 21). *Evaluación heurística*. Curso de Interacción Persona-Ordenador. <https://curso-ipo.com/evaluacion-heuristica/>

- Granollers, T. (s.f.). *La Interacción Persona-Ordenador*. Curso de Interacción Persona-Ordenador. Recuperado el 10 de mayo de 2025, de <https://curso-ipo.com/la-interaccion-persona-ordenador/>
- Granollers, T. (s.f.). *Módulo 8.1: Estilos y Paradigmas de Interacción*. Curso de Interacción Persona-Ordenador. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de <https://curso-ipo.com/curso-ipo/modulo-8-temas-adicionales/curso-estilos-y-paradigmas-de-interaccion/>
- Gupta, J., Ahuja, M., & Garg, N. (2022, December). A review on human-computer interaction (HCI). In *2022 2nd International Conference on Innovative Sustainable Computational Technologies (CISCT)* (pp. 1-6). IEEE.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/169086/Konopelko\\_Mariia.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/169086/Konopelko_Mariia.pdf?sequence=2)
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*.  
<https://www.iso.org/standard/63500.html>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*.  
<https://www.iso.org/standard/63500.html>
- Kabaq. (2020). *3D Food Technology for AR Menus*. <https://www.kabaq.io/>
- Konopelko, M. (2019). Augmented reality packaging in food & beverages industry.
- Lewis, J. R. (2018). The System Usability Scale: Past, Present, and Future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(7), 577–590.  
<https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- Londoño-Chito, C. C. (2019). *Marco metodológico para la evaluación eficiente de la Experiencia de usuario* (Master's thesis).

- Márquez, B. L. V., Hanampa, L. A. I., & Portilla, M. G. M. (2021). Design Thinking aplicado al Diseño de Experiencia de usuario. *Innovation and Software*, 2(1), 6-19.
- Ministerio de Salud de Colombia. (1993). Resolución 8430 de 1993: Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf)
- Nielsen Norman Group. (2023). *UX Design Principles*. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Academic Press.
- Nielsen, J. (2000). *Why You Only Need to Test with 5 Users*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Pablo Santos, J. C. Nuevas tendencias de UX/UI en aplicaciones móviles. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/23fdcd4d-c9b6-494e-b9a1-46b689fc4c20>
- Pan, S., & Wang, Z. (2019, April). The exploration of smart object design method—applying user experience five elements for smart object design from theory research to design practice. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1207, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- Patel, S., Panchal, A., & Motawar, V. (2024). *Augmented Reality Food Menu*. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 12(3), 70–73.
- Payalich Quispe, C. P. (2019). Evaluación de usabilidad de dos aplicaciones de realidad aumentada. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/7cfb8a71-873d-4323-9e01-46784cc00a93>

- Piedra Sizalima, M. B. (2022). Diseño centrado en el usuario y su relación con el significado emocional para el diseño de interiores (Master's thesis, Universidad del Azuay).
- Pizarro Vinent, A. (2024). Realidad Aumentada y Patrimonio: usos actuales y futuros.
- Sánchez-Lavi, E. M. (2019). Carta de restaurante virtual mediante realidad aumentada AR.
- Soto, N. C., López, H. R., & Colado, X. P. Z. (2022). Diseño centrado en el usuario: Interacción Hombre-Computadora. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, 6(1), 7-7.
- Stumpp, S., Knopf, T., & Michelis, D. (2019). User experience design with augmented reality (AR). In *Proceedings of the ECIE 2019 14th European Conference on Innovation and Entrepreneurship* (pp. 1032–1040). Academic Conferences International Limited.
- Stumpp, S., Knopf, T., & Michelis, D. (2019, November). User experience design with augmented reality (AR). In *Proceedings of the ECIE 2019 14th European conference on innovation and entrepreneurship* (pp. 1032-1040).
- Syed, T. A., et al. (2022). In-depth review of augmented reality: Tracking technologies, development tools, AR displays, collaborative AR, and security concerns. *Sensors*, 23(1), 146. <https://doi.org/10.3390/s23010146>
- Syed, T. A., Siddiqui, M. S., Abdullah, H. B., Jan, S., Namoun, A., Alzahrani, A., ... & Alkhodre, A. B. (2022). In-depth review of augmented reality: Tracking technologies, development tools, AR displays, collaborative AR, and security concerns. *Sensors*, 23(1), 146.
- Teacup Lab. (s.f.). *10 heurísticos de usabilidad: ejemplos prácticos* [Imagen]. Teacup Lab. [https://www.teacuplab.com/wp-content/uploads/2022/07/10\\_heuristicos\\_ejemplos-1-jpg.webp](https://www.teacuplab.com/wp-content/uploads/2022/07/10_heuristicos_ejemplos-1-jpg.webp)
- User Experience Professionals Association. (s.f.). *About UX*. Recuperado el 24 de mayo de 2025, de <https://uxpa.org/about-ux/>

World Wide Web Consortium (W3C). (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)*

2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>



Yablonski, J. (2020). *Laws of UX: Using Psychology to Design Better Products & Services*.

O'Reilly Media.

## Anexos

### Anexo A

#### Formato de consentimiento informado para los participantes en el test de usuario

	<b>Nombre del Proceso:</b> PRUEBA DE USABILIDAD – Evaluación de la experiencia de usuario en entorno de realidad aumentada para carta de comida rápida	
	<b>Nombre del Documento:</b> FORMATO COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD	

**FECHA:** Julio 2025

**Elkin Albeiro Pérez Ricard**, identificado con Cédula de ciudadanía No. 1.077.428.234, Domiciliado en la ciudad de Armenia - Quindío, vinculado al programa de Maestría en Diseño de Experiencia de Usuario, en calidad de estudiante, desarrolla el proyecto de investigación titulado: “Evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) en Técnicas de Marker Tracking: Optimización mediante Métodos de Diseño Centrado en el Usuario en Casos Prácticos”



El presente documento establece el compromiso de confidencialidad durante la aplicación de pruebas de usabilidad, observaciones y entrevistas a participantes voluntarios, cuyo propósito es evaluar un prototipo funcional de menú interactivo aumentado, bajo un enfoque de diseño centrado en el usuario.

#### Compromiso de Confidencialidad y Privacidad

Me comprometo a proteger la privacidad de los participantes involucrados en este estudio. Los siguientes puntos describen cómo será garantizada dicha confidencialidad

1. No divulgaré a ninguna persona ajena a esta investigación la información obtenida durante las pruebas, incluyendo datos de desempeño, opiniones o cualquier expresión personal registrada.
2. Utilizaré la información recolectada únicamente con fines académicos y científicos, específicamente para el análisis de experiencia de usuario en el marco de esta tesis.
3. No haré uso de la información para propósitos distintos al del estudio, a menos que provenga de fuentes abiertas o no protegidas por acuerdos de confidencialidad.
4. En caso de que se registre información relacionada con identidad, opiniones o comportamientos de los participantes, me comprometo a mantener dicha información en estricta reserva.
5. Cumpliré con este compromiso incluso después de la finalización del proyecto de investigación.
6. Reconozco y acato la normativa colombiana relacionada con el Habeas Data (Ley 1581 de 2012) y la protección de datos personales.

<sup>1</sup> \* Para el caso de los trabajos de investigación realizados por los estudiantes, las personas deben especificar su rol, ya sea como *Estudiante* o *Asesor*. En el caso de los proyectos de investigación realizados por docentes, los roles serán de *Investigador principal* o *Co-investigadores*.

	<b>Nombre del Proceso:</b> PRUEBA DE USABILIDAD – Evaluación de la experiencia de usuario en entorno de realidad aumentada para carta de comida rápida	 Universitat de Lleida
	<b>Nombre del Documento:</b> FORMATO COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD	

En constancia de lo anterior firman:

**Consentimiento del Participante:** Comprendo que mi participación es libre y voluntaria, y que puedo anular mi consentimiento en cualquier momento sin consecuencias negativas. Acepto que mi información sea tratada conforme a las condiciones antes descritas.

Fecha	Nombre del Participante	Firma del Participante

**Firma del Investigador (Responsable):**

Nombre	Rol*	Firma
Elkin Albeiro Pérez Ricard	Estudiante	

\* Para el caso de los trabajos de investigación realizados por los estudiantes, las personas deben especificar su rol, ya sea como *Estudiante* o *Asesor*. En el caso de los proyectos de investigación realizados por docentes, los roles serán de *Investigador principal* o *Co-investigadores*.

## Anexo B

### *Modelo del correo formal enviado a los evaluadores en la evaluación heurística*

**Asunto:** Solicitud de diligenciamiento de evaluación heurística - Tesis de grado

Estimados [nombre de cada evaluador, si es personalizado],

Cordial saludo.

Me permito contactarlos para solicitar su valioso apoyo como evaluadores expertos en el marco de mi trabajo de grado titulado:

***"Evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) en Técnicas de Marker Tracking: Optimización mediante Métodos de Diseño Centrado en el Usuario en Casos Prácticos de Realidad Aumentada."***

Como parte de la metodología aplicada, estoy realizando una ***evaluación heurística ampliada de la interfaz desarrollada***, utilizando el modelo propuesto por el Dr. Toni Granollers, el cual integra 15 principios heurísticos y un conjunto de 60 preguntas específicas.

Adjunto a este correo encontrarán el formato de evaluación en Excel, el cual está estructurado para que cada pregunta pueda ser respondida de forma sencilla, indicando:

- ***Sí / No / Ni una ni otra / No aplica***
- (Opcionalmente) pueden adicionar observaciones o comentarios por cada ítem.

Agradezco mucho su disponibilidad y experiencia para participar en esta fase de inspección, que aportará información clave para el análisis y validación de la solución desarrollada.

***Plazo estimado de diligenciamiento:*** [indicar fecha tentativa de entrega].

Cualquier inquietud o requerimiento adicional no duden en contactarme.

Muchas gracias de antemano por su colaboración.

Cordialmente,

[Tu nombre completo]

[Nombre del programa de maestría o pregrado]

[Universidad]


[Correo electrónico]

[Teléfono, si lo deseas]

## *Anexo C*

### *Enlace de acceso a la herramienta de la evaluación heurística*

A través del siguiente enlace se puede acceder a la herramienta utilizada para la evaluación heurística. En la carpeta se encuentra el formulario digital aplicado a los evaluadores expertos, así como las instrucciones correspondientes para su diligenciamiento:

 [https://drive.google.com/drive/folders/1tjYgD\\_0G5\\_17-0\\_JWCGb3Ondp35nfXNb?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1tjYgD_0G5_17-0_JWCGb3Ondp35nfXNb?usp=sharing)