



# Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®  
Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**“Desarrollo de un generador de aplicaciones de  
realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

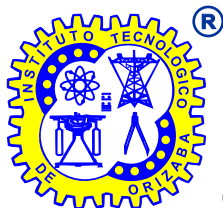
*I.R.I.C. Valeria Contreras Zaragoza*

DIRECTOR DE TESIS:

*Dr. Giner Alor Hernández*

CODIRECTOR DE TESIS:

*Dra. Maritza Bustos López*



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

OCTUBRE 2026



**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



**Instituto Tecnológico de Orizaba**  
Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **6/octubre/2026**  
Dependencia: **División de Estudios de**  
**Posgrado e Investigación**  
Asunto: **Autorización de Impresión**  
OPCION: I

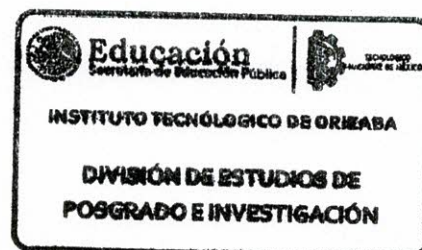
**C. VALERIA CONTRERAS ZARAGOZA**  
**CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:**  
**SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**P R E S E N T E.-**

De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

**" Desarrollo de un generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM"**

comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®*  
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®  
  
**DR. OSCAR BAÉZ SENTÍES**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



OG-13-F06



**2026**  
año de  
**Margarita**  
**Maza**

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz  
Tel. 01 (272) 1105360 info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





**Educación**  
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba  
Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación

**C. OSCAR BÁEZ SENTÍES**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**  
**P R E S E N T E.-**

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

**VALERIA CONTRERAS ZARAGOZA**

La cual lleva el título de:

**Desarrollo de un generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM**

Y concluyen que se acepta.

**ATENTAMENTE**

Excelencia en Educación Tecnológica®  
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. GINER ALOR HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: DRA. MARITZA BUSTOS LÓPEZ  
VOCAL: M.C. MÓNICA RUIZ MARTÍNEZ  
VOCAL SUP: DRA. LAURA NELY SÁNCHEZ MORALES

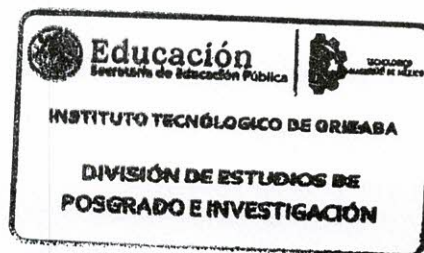
  
FIRMA

  
FIRMA

  
FIRMA

  
FIRMA

TA-09-18



**2026**  
año de  
**Margarita**  
**Maza**

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz  
Tel. 01 (272) 1105360 info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



## ***CARTA DE ORIGINALIDAD***

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día 07 del mes de octubre del año 2024, el (la) que suscribe **Valeria Contreras Zaragoza**, alumno (a) del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales** con número de control **M24010201**, manifiesta que es autor (a) del trabajo de tesis titulado “**Desarrollo de un generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM**” y declara que el trabajo es original, ya que su contenido es producto de su directa contribución intelectual. Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, se tienen las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, se hace responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba.



---

Valeria Contreras Zaragoza

## ***CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS***

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día 07 del mes de octubre del año 2024, el (la) que suscribe **Valeria Contreras Zaragoza**, alumno (a) del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales** con número de control M24010201, manifiesta que es autor (a) intelectual del trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. Giner Alor Hernández y ceden los derechos del trabajo titulado “**Desarrollo de un generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM**” al TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: [msc@orizaba.tecnm.mx](mailto:msc@orizaba.tecnm.mx) . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



---

Valeria Contreras Zaragoza

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme durante este camino y brindarme la fortaleza, sabiduría, paciencia y perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. Esta etapa representa un logro importante en mi vida, resultado del esfuerzo, los aprendizajes y las experiencias que han contribuido a mi crecimiento personal y profesional. A mis padres, Gladys y Marco, les expreso mi más sincero agradecimiento por su amor, confianza y apoyo incondicional. También agradezco a mis hermanos Omar y Paola por ser mis fieles compañeros y guías en este camino. Así como a toda mi familia, gracias por motivarme a seguir adelante, por sus consejos y por estar presentes en cada etapa de mi formación. Su apoyo ha sido fundamental para superar los desafíos y cumplir este objetivo. De manera muy especial, agradezco a David, por acompañarme durante este proceso, compartir mis alegrías y brindarme su comprensión en los momentos de incertidumbre. Gracias por tu amor, paciencia y apoyo constante, que han sido esenciales para afrontar los retos de esta etapa tan importante en mi vida.

Asimismo, expreso mi gratitud a los profesores y profesoras que contribuyeron a mi formación durante la maestría, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, así como por brindarme las herramientas necesarias para fortalecer mis capacidades académicas y desarrollar esta investigación.

De manera particular, agradezco al Dr. Giner Alor Hernández por su orientación, confianza y disposición para apoyarme a lo largo de mi formación. Valoro profundamente sus consejos y el acompañamiento que me brindó, tanto en el ámbito académico como personal, los cuales representaron una valiosa contribución durante esta etapa.

Finalmente, agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado para dar continuidad a mis estudios de posgrado, así como al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el respaldo brindado para el desarrollo de esta investigación. Reconozco la importancia de ambas instituciones en el impulso de la educación, la investigación y la formación de profesionales en nuestro país.

## Índice general

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                  | ix |
| Abstract .....                                 | x  |
| Introducción.....                              | xi |
| Capítulo 1. Antecedentes .....                 | 10 |
| 1.1 Marco teórico .....                        | 10 |
| 1.1.1 Enfoque STEAM.....                       | 10 |
| 1.1.1.1 Competencias clave .....               | 10 |
| 1.1.1.2 Recursos didácticos.....               | 11 |
| 1.1.2 Realidad Aumentada .....                 | 12 |
| 1.1.2.1 Three.js.....                          | 13 |
| 1.1.2.2 AR.js .....                            | 13 |
| 1.1.2.3 Desarrollo de aplicaciones.....        | 14 |
| 1.1.2.4 Evaluación de herramientas .....       | 14 |
| 1.1.2.5 Arquitectura de Software .....         | 15 |
| 1.1.2.6 Estilo arquitectónico.....             | 15 |
| 1.1.2.7 Arquitectura basada en capas .....     | 16 |
| 1.1.2.8 Interactividad .....                   | 16 |
| 1.1.2.9 Casos de estudio .....                 | 18 |
| 1.1.3 Innovación educativa.....                | 18 |
| 1.1.3.1 Educación básica.....                  | 19 |
| 1.1.3.2 Proceso de enseñanza-aprendizaje ..... | 19 |
| 1.2 Planteamiento del problema .....           | 19 |
| 1.3 Objetivo general y específicos .....       | 21 |
| 1.3.1 Objetivo general .....                   | 21 |

|                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                                                                                                                                                                                   | 21 |
| 1.4 Justificación .....                                                                                                                                                                                             | 22 |
| Capítulo 2. Estado de la práctica.....                                                                                                                                                                              | 23 |
| 2.1 Trabajos relacionados.....                                                                                                                                                                                      | 23 |
| 2.2 Análisis comparativo .....                                                                                                                                                                                      | 35 |
| 2.3 Propuesta de solución .....                                                                                                                                                                                     | 37 |
| Capítulo 3. Aplicación de la metodología .....                                                                                                                                                                      | 38 |
| 3.1 Metodología .....                                                                                                                                                                                               | 38 |
| 3.2 Fase de Análisis.....                                                                                                                                                                                           | 39 |
| 3.2.1 Análisis de Actividades Lúdicas STEAM .....                                                                                                                                                                   | 39 |
| 3.2.2 Análisis de Tecnologías de RA .....                                                                                                                                                                           | 49 |
| 3.3 Fase de Diseño.....                                                                                                                                                                                             | 51 |
| 3.3.1 Diseño de las interfaces gráficas del generador de aplicaciones .....                                                                                                                                         | 51 |
| 3.3.2 Proceso de generación de actividades STEAM .....                                                                                                                                                              | 65 |
| 3.3.3 Definición de la arquitectura de generación .....                                                                                                                                                             | 71 |
| 3.4 Fase de Desarrollo .....                                                                                                                                                                                        | 74 |
| 3.4.1 AR-GenSTEAM: un generador de actividades con realidad aumentada<br>bajo el enfoque STEAM .....                                                                                                                | 74 |
| 3.4.1.1 Actividad de Cálculo Mental.....                                                                                                                                                                            | 84 |
| 3.4.1.2 Actividad de Programación por Bloques .....                                                                                                                                                                 | 85 |
| 3.4.1.2 Actividad de Cripto Mensajes.....                                                                                                                                                                           | 86 |
| Capítulo 4. Resultados .....                                                                                                                                                                                        | 88 |
| 4.1 Caso de Estudio: Proceso de generación de una aplicación web para mejorar<br>las habilidades de innovación y creatividad tecnológica mediante la programación<br>por bloques integrando realidad aumentada..... | 88 |
| 4.1.2 Generación de la aplicación web con realidad aumentada .....                                                                                                                                                  | 88 |

|                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.3 Resultados obtenidos.....                                                                                                                                                                                                       | 94  |
| 4.2 Caso de Estudio: Proceso de generación de una aplicación móvil en Android para mejorar las habilidades de alfabetización digital y seguridad informática mediante la encriptación de mensajes integrando realidad aumentada ..... | 96  |
| 4.2.1 Generación de aplicación móvil en Android con realidad aumentada ...                                                                                                                                                            | 97  |
| 4.2.2 Resultados obtenidos.....                                                                                                                                                                                                       | 101 |
| 4.3 Evaluación del generador .....                                                                                                                                                                                                    | 104 |
| 4.3.1 Evaluación cuantitativa.....                                                                                                                                                                                                    | 106 |
| 4.3.1.1 Tiempo total para generar una aplicación .....                                                                                                                                                                                | 106 |
| 4.3.1.2 Porcentaje de tareas completadas correctamente.....                                                                                                                                                                           | 107 |
| 4.3.1.3 Número de errores o retrocesos por paso .....                                                                                                                                                                                 | 109 |
| 4.3.1.4 Tasa de éxito al generar el archivo final.....                                                                                                                                                                                | 110 |
| Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....                                                                                                                                                                                       | 114 |
| 5.1 Conclusiones .....                                                                                                                                                                                                                | 114 |
| 5.2 Recomendaciones .....                                                                                                                                                                                                             | 115 |
| Productos Académicos.....                                                                                                                                                                                                             | 116 |
| Congresos nacionales .....                                                                                                                                                                                                            | 116 |
| Registro de derechos de autor.....                                                                                                                                                                                                    | 116 |
| Referencias .....                                                                                                                                                                                                                     | 119 |

## Índice de figuras

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1. 1</b> Niveles de interactividad .....                                                                                           | 17 |
| <b>Figura 3. 1</b> Metodología de desarrollo para el proceso de generación de aplicaciones con realidad aumentada bajo el enfoque STEAM..... | 38 |
| <b>Figura 3. 2</b> Mapa general de actividades lúdicas STEAM .....                                                                           | 39 |
| <b>Figura 3. 3</b> Diseño de la interfaz de selección de áreas STEAM .....                                                                   | 54 |
| <b>Figura 3. 4</b> Diseño de la interfaz de selección de habilidades STEAM .....                                                             | 55 |
| <b>Figura 3. 5</b> Diseño de la interfaz de selección de actividades STEAM .....                                                             | 56 |
| <b>Figura 3. 6</b> Diseño de la interfaz de bifurcación sobre la integración de RA .....                                                     | 57 |
| <b>Figura 3. 7</b> Diseño de la interfaz de selección de acciones aplicables de RA .....                                                     | 58 |
| <b>Figura 3. 8</b> Diseño de la interfaz de selección de tipos de contenido con RA .....                                                     | 59 |
| <b>Figura 3. 9</b> Diseño de la interfaz de selección de biblioteca de RA .....                                                              | 60 |
| <b>Figura 3. 10</b> Diseño de la interfaz de selección de plataforma .....                                                                   | 61 |
| <b>Figura 3. 11</b> Diseño de la interfaz de formulario de configuración de app .....                                                        | 62 |
| <b>Figura 3. 12</b> Diseño de la interfaz de visualización previa de la actividad .....                                                      | 63 |
| <b>Figura 3. 13</b> Diseño de la interfaz de resumen de configuración aplicada .....                                                         | 64 |
| <b>Figura 3. 14</b> Proceso de generación de actividades con RA bajo el enfoque STEAM .....                                                  | 65 |
| <b>Figura 3. 15</b> Etapa de análisis para el proceso de generación de actividades STEAM .....                                               | 66 |
| <b>Figura 3. 16</b> Etapa de configuración en el proceso de generación de actividades STEAM .....                                            | 68 |
| <b>Figura 3. 17</b> Etapa de generación en el proceso del generador de actividades STEAM .....                                               | 70 |
| <b>Figura 3. 18</b> Arquitectura para la generación de actividades STEAM .....                                                               | 72 |
| <b>Figura 3. 19</b> Selección de áreas STEAM.....                                                                                            | 75 |
| <b>Figura 3. 20</b> Selección de habilidades STEAM.....                                                                                      | 76 |
| <b>Figura 3. 21</b> Selección de actividades STEAM .....                                                                                     | 77 |
| <b>Figura 3. 22</b> Decisión de integrar la RA a la actividad STEAM .....                                                                    | 78 |

|                     |                                                                     |     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 3. 23</b> | Selección de las acciones aplicables de RA .....                    | 79  |
| <b>Figura 3. 24</b> | Agregar contenido de realidad aumentada.....                        | 80  |
| <b>Figura 3. 25</b> | Selección de la plataforma a generar.....                           | 81  |
| <b>Figura 3. 26</b> | Agregar información de la aplicación .....                          | 82  |
| <b>Figura 3. 27</b> | Vista previa del juego .....                                        | 83  |
| <b>Figura 3. 28</b> | Descarga de la aplicación STEAM.....                                | 84  |
| <b>Figura 3. 29</b> | Aplicación de Cálculo Mental con RA.....                            | 85  |
| <b>Figura 3. 30</b> | Aplicación de Programación por Bloques con RA.....                  | 86  |
| <b>Figura 3. 31</b> | Aplicación de Cripto Mensajes con RA .....                          | 87  |
| <b>Figura 4. 1</b>  | Selección de área STEAM.....                                        | 89  |
| <b>Figura 4. 2</b>  | Habilidades STEAM .....                                             | 90  |
| <b>Figura 4. 3</b>  | Actividad de Programación por Bloques.....                          | 91  |
| <b>Figura 4. 4</b>  | Acciones aplicables con realidad aumentada.....                     | 91  |
| <b>Figura 4. 5</b>  | Tipo de contenido aumentado .....                                   | 92  |
| <b>Figura 4. 6</b>  | Selección de plataforma .....                                       | 92  |
| <b>Figura 4. 7</b>  | Configuración de la aplicación.....                                 | 93  |
| <b>Figura 4. 8</b>  | Resumen de configuración .....                                      | 93  |
| <b>Figura 4. 9</b>  | Descarga del archivo .ZIP con la aplicación con RA .....            | 94  |
| <b>Figura 4. 10</b> | Aplicación web de programación por bloques .....                    | 95  |
| <b>Figura 4. 11</b> | Sección de aciertos con la incrustación de realidad aumentada ..... | 96  |
| <b>Figura 4. 12</b> | Selección de áreas STEAM.....                                       | 97  |
| <b>Figura 4. 13</b> | Habilidades STEAM .....                                             | 98  |
| <b>Figura 4. 14</b> | Actividad de Cripto de Mensajes .....                               | 98  |
| <b>Figura 4. 15</b> | Acciones aplicables con realidad aumentada.....                     | 99  |
| <b>Figura 4. 16</b> | Tipo de contenido aumentado .....                                   | 99  |
| <b>Figura 4. 17</b> | Selección de plataforma .....                                       | 100 |
| <b>Figura 4. 18</b> | Configuración de la aplicación.....                                 | 100 |
| <b>Figura 4. 19</b> | Resumen de configuración.....                                       | 101 |
| <b>Figura 4. 20</b> | Aplicación móvil en Android de Cripto Mensajes.....                 | 102 |
| <b>Figura 4. 21</b> | Sección final con contenido aumentado .....                         | 103 |
| <b>Figura 4. 22</b> | Tiempo promedio de generación de aplicaciones.....                  | 107 |

|                     |                                                      |     |
|---------------------|------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 4. 23</b> | Indicadores del porcentaje de tareas correctas ..... | 108 |
| <b>Figura 4. 24</b> | Número de errores o retrocesos por paso .....        | 110 |
| <b>Figura 4. 25</b> | Tasa de éxito al generar una aplicación .....        | 111 |

## Índice de tablas

|                   |                                                                            |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1. 1</b> | Competencias clave en la educación STEAM .....                             | 11  |
| <b>Tabla 1. 2</b> | Elementos clave del proceso de evaluación de herramientas .....            | 15  |
| <b>Tabla 2. 1</b> | Análisis comparativo de los artículos relacionados.....                    | 35  |
| <b>Tabla 2. 2</b> | Combinación de tecnologías de la información .....                         | 37  |
| <b>Tabla 3. 1</b> | Descripción de habilidades asociadas a las actividades lúdicas STEAM ..... | 45  |
| <b>Tabla 3. 2</b> | Análisis comparativo de las tecnologías RA.....                            | 49  |
| <b>Tabla 4. 1</b> | Porcentaje de tareas completadas correctamente.....                        | 108 |

## **Resumen**

Una de las dificultades del sistema educativo es la captación y el mantenimiento de la atención de los estudiantes, dado que los métodos de enseñanza tradicionales, orientados a la memorización, dificultan que las personas desarrollen habilidades como la creatividad, la resolución de problemas y la colaboración, todas necesarias para el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Aunque este enfoque pretende ser más dinámico, se ve limitado por la falta de recursos didácticos atractivos. En este sentido, la realidad aumentada ofrece una visión innovadora de los enfoques educativos, al proporcionar experiencias inmersivas que ayudan a los estudiantes a comprender y participar activamente en el aprendizaje.

Para resolver este problema, se propuso el desarrollo de un sistema generador de aplicaciones de realidad aumentada basado en el enfoque STEAM. Este sistema facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje al proporcionar una herramienta que permite a los docentes generar de forma fácil e intuitiva aplicaciones educativas con contenido de realidad aumentada dirigidas a la educación básica.

El desarrollo de este sistema aporta beneficios clave. Dado que automatiza la creación de aplicaciones interactivas y educativas, integra educación y entretenimiento de forma creativa, lo que fomenta habilidades STEAM. Como resultado, se desarrollaron tres juegos: Programación por Bloques, Cifrado de Mensajes y Robot Walking, los cuales estimulan principalmente las disciplinas de tecnología, ingeniería y matemáticas, así como habilidades de alfabetización digital, creatividad tecnológica y razonamiento lógico-matemático, por mencionar algunas. La experiencia educativa se adapta a las necesidades del sistema educativo actual, brindando una experiencia de aprendizaje efectiva.

## **Abstract**

One of the challenges faced by the education system is capturing and sustaining students' attention, since traditional teaching methods oriented toward memorization hinder the development of skills such as creativity, problem solving, and collaboration—all of which are essential to the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics). Although this approach seeks to be more dynamic, it remains constrained by the lack of engaging instructional resources. In this context, augmented reality offers an innovative perspective on educational practices by providing immersive experiences that help students understand the content and actively engage in learning.

To address this issue, the development of a STEAM-based augmented reality application generator system was proposed. This system facilitates the teaching–learning process by providing teachers with a tool that enables them to create, easily and intuitively, educational applications with augmented-reality content for primary and lower-secondary education.

The development of this system yields key benefits. By automating the creation of interactive educational applications, it creatively integrates education and entertainment, thereby fostering STEAM-related skills. As a result, three games were developed: Block-Based Programming, Message Encryption, and Robot Walking, which primarily stimulate the disciplines of technology, engineering, and mathematics, as well as digital literacy, technological creativity, and logical–mathematical reasoning, among others. The educational experience is aligned with the needs of today's education system, providing an effective learning experience.

## **Introducción**

Los métodos pedagógicos actuales centrados en la repetición y la memorización no fomentan la mejora en competencias esenciales para el desarrollo educativo (innovación, pensamiento analítico o trabajo colaborativo), habilidades fundamentales en el ámbito STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Si bien hay metodologías más dinámicas, la ausencia de recursos pedagógicos estimulantes limita el potencial de estos métodos. En este contexto, la realidad aumentada emerge como una alternativa revolucionaria, capaz de transformar la enseñanza al ofrecer entornos interactivos y envolventes que potencian la comprensión y el compromiso de los alumnos con los contenidos académicos.

Para abordar esta problemática, se propuso desarrollar un sistema generador que permita generar aplicaciones de realidad aumentada enfocadas en el ámbito STEAM. Este sistema simplifica el proceso de diseño y desarrollo de recursos educativos innovadores, haciéndolos más atractivos y accesibles tanto para estudiantes como para docentes. Además, el sistema se diseñó para facilitar la labor de los profesores, permitiéndoles integrar tecnología avanzada en sus clases de manera personalizada. Al automatizar la creación de materiales interactivos, esta solución combina de manera efectiva el aprendizaje con elementos lúdicos, promoviendo un enfoque educativo más dinámico.

Este documento está conformado por cinco secciones principales: El primer capítulo denominado antecedentes, se desarrolla el marco teórico, problemática, objetivos y la justificación de la solución propuesta. El segundo capítulo, el estado de la práctica, analiza un conjunto de artículos relacionados con el tema de la tesis y se presenta una tabla comparativa de los trabajos más asociados. El tercer capítulo, titulado aplicación de la metodología, presenta el desarrollo del sistema siguiendo las etapas de la metodología que se seleccionó. En el capítulo cuatro, se presentan los resultados obtenidos a partir de casos de estudio. Por último, en el capítulo cinco, se presentan las conclusiones y recomendaciones, describiendo brevemente las contribuciones incluidas en la tesis.

## **Capítulo 1. Antecedentes**

En este capítulo se presentan los conceptos más significativos para el desarrollo de este proyecto. También se especifica la problemática a resolver, el objetivo general, los objetivos específicos y la justificación de este trabajo.

### **1.1 Marco teórico**

A continuación, se define una serie de términos relacionados con el tema de investigación.

#### **1.1.1 Enfoque STEAM**

El enfoque STEAM es un método de enseñanza que combina las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, en un mismo proceso educativo. El objetivo de esta metodología es fomentar en los estudiantes competencias como la creatividad y el razonamiento crítico para la capacidad de resolver problemas, preparándolos para los desafíos del siglo XXI [1].

La inclusión de las artes en este modelo educativo resalta la importancia de la creatividad y la innovación, complementando las competencias técnicas y científicas. Al combinar estas áreas del conocimiento, se fomenta una educación más completa y versátil, que prepara a los estudiantes para un mundo en constante cambio [1], [2].

Este enfoque también promueve la colaboración y el trabajo en equipo, habilidades esenciales en el entorno laboral actual. A través de proyectos prácticos e interdisciplinarios, los estudiantes aprenden a aplicar conceptos intelectuales en escenarios reales, lo que promueve un entendimiento más profundo y significativo de los contenidos [2].

##### **1.1.1.1 Competencias clave**

Anisimova et al. [3], refiere a las competencias clave como una serie de destrezas, actitudes, saberes y principios que los individuos requieren para su crecimiento personal, integración social y desempeño profesional dentro de un contexto específico.

Estas competencias permiten adaptarse de manera eficaz a las demandas y desafíos del mundo actual, promoviendo el aprendizaje continuo y la resolución de problemas.

#### **Características principales:**

- **Transversales:** Se aplican a múltiples áreas y situaciones de la vida cotidiana, académica y laboral.
- **Integradoras:** Combinan habilidades técnicas, cognitivas y sociales.
- **Esenciales:** Son fundamentales para el aprendizaje continuo y para una integración activa en la sociedad [3].

Como se observa en la Tabla 1.1 se describen ejemplos de las diferentes competencias clave en la educación STEAM [4].

**Tabla 1. 1** Competencias clave en la educación STEAM

| COMPETENCIA CLAVE                       | EJEMPLOS                                                                   |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Creatividad e innovación</b>         | Generar ideas originales y aplicar soluciones novedosas.                   |
| <b>Resolución de problemas</b>          | Identificar, analizar y resolver problemas de manera efectiva.             |
| <b>Pensamiento crítico</b>              | Evaluar información, argumentos y situaciones de forma lógica y reflexiva. |
| <b>Colaboración y trabajo en equipo</b> | Trabajar eficazmente con otros hacia objetivos comunes.                    |
| <b>Alfabetización digital</b>           | Usar tecnologías digitales de manera competente y responsable.             |
| <b>Comunicación</b>                     | Expresar y compartir ideas de manera clara y efectiva.                     |

#### **1.1.1.2 Recursos didácticos**

Desde la perspectiva del enfoque STEAM, los recursos didácticos son herramientas, materiales y estrategias pedagógicas diseñadas para facilitar el aprendizaje interdisciplinario y promover el desarrollo de competencias en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas. Los recursos didácticos no solo buscan transmitir

conocimiento, sino también fomentar la creatividad, la resolución de problemas y la colaboración en entornos educativos dinámicos y prácticos [5].

En el contexto STEAM, Aguilera y Ortiz [5], mencionan que los recursos didácticos incluyen equipos tecnológicos, plataformas digitales, materiales artísticos, experimentos científicos, simulaciones virtuales y proyectos de ingeniería, todos enfocados en integrar conocimientos y habilidades de manera práctica y contextualizada. Su objetivo es transformar el aprendizaje en una experiencia activa e innovadora, donde los estudiantes apliquen conceptos teóricos para resolver problemas del mundo real mientras desarrollan su pensamiento crítico y habilidades sociales.

### **1.1.2 Realidad Aumentada**

La realidad aumentada (RA) es una innovación tecnológica que fusiona el entorno real con elementos digitales al superponer información virtual, como imágenes, sonidos o datos, en el entorno real en tiempo real. La tecnología de realidad aumentada se logra a través de dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas, gafas de RA o incluso proyectores, que permiten a los usuarios interactuar simultáneamente con ambos mundos de manera integrada y enriquecedora [6], [7].

Mientras que la realidad virtual sumerge al usuario en un entorno completamente digital, la RA amplía la percepción al integrar capas de información que complementan la experiencia del mundo real. La realidad aumentada tiene aplicaciones en diversas áreas como la educación, el entretenimiento, la salud, la ingeniería y el comercio, proporcionando nuevas formas de aprendizaje, visualización y comunicación [7].

En términos educativos, la RA se alinea con enfoques innovadores como STEAM, al ofrecer experiencias interactivas que facilitan la comprensión de conceptos complejos y estimulan la creatividad y el pensamiento crítico, al permitir que los estudiantes exploren y experimenten en entornos enriquecidos digitalmente [6], [8], [9].

### **1.1.2.1 Three.js**

La biblioteca Three.js compatible con JavaScript y de código abierto, sirve para crear gráficos 3D en el navegador, además, permite trabajar a un nivel más alto que la API nativa. La arquitectura gira en torno a un grafo de escena con objetos, luces y cámaras, lo que facilita construir experiencias interactivas sin complementos, con un modelo mental consistente para transformar, animar y renderizar.

En la implementación, Three.js ofrece figuras listas para construir una escena 3D: formas básicas, materiales e iluminación. Además, permite dar una apariencia más realista a los objetos usando materiales estándar (metal, plástico, entre otros) y, si se requiere, habilitar experiencias de realidad virtual o aumentada desde el navegador.

Desde su creación, la biblioteca Three.js se ha consolidado como base de la visualización 3D en proyectos académicos e industriales: desde tableros digitales hasta sistemas interactivos de monitoreo y manufactura, donde se combinan otros servicios web.

### **1.1.2.2 AR.js**

La tecnología de realidad aumentada AR.js, tiene como objetivo funcionar directamente en el navegador, sin instalar una app nativa. Una característica de AR.js es su eficiencia, lo que permite ofrecer varias formas de incrustar contenido digital al mundo real: seguimiento por marcadores, imágenes y realidad aumentada basada en ubicación (usando coordenadas del dispositivo). Entre los beneficios de AR.js está que es útil para prototipos rápidos, educación y experiencias accesibles desde un enlace.

AR.js se integra con motores 3D del ecosistema web (por ejemplo, mediante componentes o conectores) para renderizar modelos y animaciones en tiempo real. En el modo por marcadores, se generan patrones que la cámara reconoce, y cuando el marcador aparece, AR.js actualiza la posición y orientación del contenido virtual. En los últimos años, el proyecto se ha modularizado con complementos específicos que han seguido recibiendo actualizaciones recientes.

### 1.1.2.3 Desarrollo de aplicaciones

El desarrollo de aplicaciones como un proceso de creación de software interactivo y educativo consiste en diseñar, programar y desplegar herramientas tecnológicas orientadas al aprendizaje, que combinen interactividad y contenido pedagógico para facilitar la enseñanza y el desarrollo de competencias en los usuarios [10].

#### Características del software interactivo y educativo:

- **Motivador:** Atrae la atención del usuario mediante juegos, retos o actividades creativas.
- **Adaptable:** Personaliza el contenido según las necesidades o el nivel del estudiante.
- **Colaborativo:** Fomenta el trabajo en conjunto y la resolución asociativa de problemas.
- **Evaluativo:** Incluye herramientas para medir el progreso y proporcionar retroalimentación [10].

### 1.1.2.4 Evaluación de herramientas

Es un proceso sistemático que consiste en analizar y validar la efectividad de aplicaciones en función de sus objetivos, funcionalidades y resultados en contextos educativos o prácticos. En proyectos educativos STEAM, evaluar herramientas garantiza que estas realmente apoyen el aprendizaje interdisciplinario, promuevan la creatividad y mantengan el interés de los estudiantes en disciplinas científicas y tecnológicas [11].

A su vez, existen elementos clave del proceso, en la Tabla 1.2 se observan los tres tipos de elementos con sus respectivas características [11].

**Tabla 1. 2 Elementos clave del proceso de evaluación de herramientas**

| Criterios de evaluación                                                                                                                                                | Métodos de evaluación                                                                                                                                                         | Fases de la evaluación                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usabilidad</li> <li>• Interactividad</li> <li>• Efectividad pedagógica</li> <li>• Fiabilidad</li> <li>• Innovación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas piloto</li> <li>• Encuestas y retroalimentación</li> <li>• Análisis de desempeño</li> <li>• Estudios comparativos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del protocolo de evaluación</li> <li>• Recolección de datos</li> <li>• Análisis de resultados</li> <li>• Informe final</li> </ul> |

### 1.1.2.5 Arquitectura de Software

Hace alusión a la base estructural de un sistema de software, que establece la organización de sus elementos, la interacción entre ellos, y los principios y normas que orientan su diseño y desarrollo a lo largo del tiempo. Es un modelo conceptual que describe cómo las diferentes partes del software interactúan y colaboran para cumplir con los requisitos funcionales y no funcionales del sistema [12].

Arena et al. [13] mencionan que la arquitectura de software en el contexto de la realidad aumentada (RA) se refiere al diseño estructural y organizacional de los componentes de software necesarios para desarrollar y ejecutar aplicaciones de RA. Este tipo de arquitectura integra elementos que gestionen de manera eficiente la combinación del entorno físico con los objetos virtuales, garantizando una experiencia fluida, inmersiva e interactiva para los usuarios.

### 1.1.2.6 Estilo arquitectónico

El estilo arquitectónico para el desarrollo de software es la manera de organizar un sistema: propone una estructura general (por ejemplo, en capas o por eventos), define qué tipos de componentes y conexiones se usan, y limita cómo se combinan. El valor principal del estilo arquitectónico es que reduce ambigüedad al diseñar: ofrece un vocabulario común y una forma conocida de razonar sobre el sistema antes de escribir código, acelerando acuerdos técnicos dentro del equipo.

El estándar ISO/IEC/IEEE 42010 plantea que una arquitectura se describe mediante vistas y puntos de vista orientados a intereses y preocupaciones (rendimiento, seguridad y mantenibilidad), lo que ayuda a justificar decisiones y evitar malentendidos. En la práctica, el estilo arquitectónico actúa como un marco de trabajo para los puntos de vista: guía qué se documenta y cómo se interpreta la estructura del sistema.

Estudios recientes analizan cómo distintas opciones arquitectónicas impactan atributos de calidad (como modularidad o desempeño) y proponen métodos para seleccionar o evaluar estilos/patrones con criterios y ponderaciones (por ejemplo, enfoques híbridos con técnicas multicriterio). También hay evidencia empírica que cuantifica efectos de patrones arquitectónicos sobre métricas de rendimiento en entornos reales.

#### **1.1.2.7 Arquitectura basada en capas**

La arquitectura basada en capas organiza un sistema en niveles con responsabilidades delimitadas y un flujo de dependencias de forma descendente. La idea central es la separación de preocupaciones: cada capa opera en un nivel de abstracción y delega detalles a capas inferiores, lo que facilita razonar sobre el diseño y controlar el acoplamiento.

Los principales beneficios de la arquitectura basada en capas son mantenibilidad, modularidad y una evolución más controlada del sistema; por eso aparece en soluciones empresariales y también en arquitecturas para aplicaciones distribuidas. Sin embargo, también tiene costos: demasiadas capas introducen complejidad, y posibles impactos en rendimiento si no se diseñan bien los límites. De acuerdo con investigaciones actuales, se proponen arquitecturas por capas y por niveles para coordinar módulos y responsabilidades, destacando estos compromisos de diseño.

#### **1.1.2.8 Interactividad**

La interactividad en el contexto de desarrollo de aplicaciones hace referencia a la capacidad de un sistema para responder y establecer un diálogo con el usuario,

permitiendo una comunicación bidireccional y dinámica. Existe una serie de elementos fundamentales [14].

- **Retroalimentación inmediata:** El sistema responde de manera oportuna a las acciones del usuario, proporcionando información clara sobre el resultado de cada interacción.
- **Control del usuario:** Permite que el usuario tenga autonomía para decidir cómo y cuándo interactuar con la aplicación, navegando a su propio ritmo y preferencia.
- **Capacidad de respuesta:** La aplicación se adapta a diferentes entradas y contextos de uso, manteniendo una experiencia fluida [14].

Los niveles de interactividad en el desarrollo de software (Figura 1.1) se categorizan en tres escalas principales que evolucionan en complejidad y funcionalidad. En el nivel básico, se encuentran las interacciones más simples y fundamentales que un usuario realiza con una aplicación, como los clics de botones, enlaces y navegación elemental entre páginas o secciones. Después en el nivel intermedio, las aplicaciones incorporan elementos más sofisticados como formularios interactivos que validan datos en tiempo real, sistemas de filtrado que permiten refinar resultados, y búsquedas dinámicas que ofrecen sugerencias mientras el usuario escribe. Finalmente, el nivel avanzado representa la cúspide de la interactividad, donde los usuarios manipulan directamente objetos en la interfaz, experimentan personalización en tiempo real de acuerdo con sus preferencias y comportamientos, y trabajan con interfaces adaptativas que se ajustan automáticamente según el contexto de uso, el dispositivo o las necesidades específicas del usuario.

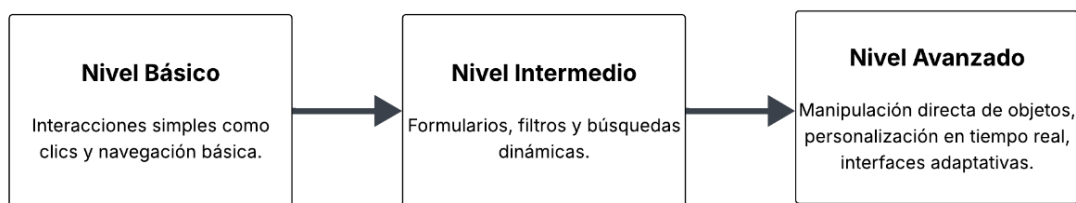


**Figura 1. 1 Niveles de interactividad**

#### **1.1.2.9 Casos de estudio**

Los casos de estudio son herramientas metodológicas que describen detalladamente situaciones o problemas específicos, analizando cómo una organización o sistema resuelve una necesidad particular, documentando los requerimientos, procesos, soluciones implementadas y resultados obtenidos. Además, los casos de estudio son un método sistemático de investigación y análisis que permite examinar en profundidad las características, desafíos y decisiones tomadas durante el desarrollo de una solución, incluyendo tanto los éxitos como los obstáculos encontrados. Los casos de estudio sirven como modelos de referencia que permiten comprender la complejidad de un problema, evaluar diferentes enfoques de solución, identificar mejores prácticas y extraer aprendizajes valiosos para futuros desarrollos similares. A través de su documentación detallada, proporcionan perspectivas significativas sobre las estrategias implementadas, las tecnologías utilizadas y las lecciones aprendidas, facilitando la transferencia de conocimiento y la mejora continua de los procesos de desarrollo [15].

#### **1.1.3 Innovación educativa**

Succar et al. [16] describen la innovación educativa como un proceso planificado de transformación que introduce cambios significativos en las prácticas, metodologías, recursos y paradigmas educativos tradicionales, con la finalidad de fortalecer el desempeño educativo y responder a las necesidades emergentes de la sociedad actual. Este proceso implica la implementación de nuevas ideas, estrategias y tecnologías que modifican los roles tradicionales del docente y estudiante, promoviendo un aprendizaje más activo, colaborativo y significativo.

Este enfoque reconoce la importancia de adaptar la educación a los cambios sociales, tecnológicos y culturales contemporáneos, mientras mantiene como objetivo principal el desarrollo integral de los estudiantes y la mejora continua de los resultados educativos. La innovación educativa no solo busca resolver problemas existentes, sino también anticipar y preparar a los educandos para los desafíos futuros, fomentando competencias esenciales para el siglo XXI [1], [16].

### **1.1.3.1 Educación básica**

La educación básica se refiere al nivel educativo inicial que tiene como objetivo proporcionar a los individuos los conocimientos, habilidades y competencias fundamentales necesarios para su desarrollo integral y participación activa en la sociedad. Este nivel abarca, generalmente, la educación preescolar, primaria y secundaria, dependiendo del sistema educativo de cada país [17]. La educación básica es un derecho humano universal y constituye el fundamento para el aprendizaje permanente, promoviendo la equidad, el acceso a oportunidades y el bienestar social [18].

### **1.1.3.2 Proceso de enseñanza-aprendizaje**

Se refiere al fenómeno dinámico e interactivo que se desarrolla entre dos agentes principales: el docente, quien tiene el rol de facilitar y guiar el aprendizaje, y el estudiante, quien es el protagonista activo en la construcción de su propio conocimiento. Este proceso abarca una serie de acciones planificadas, organizadas y dirigidas hacia el desarrollo de habilidades, actitudes, valores y conocimientos, en función de objetivos educativos específicos [17], [19].

Se fundamenta en una relación dialógica y participativa, en la que la enseñanza implica la transmisión de información, estrategias de aprendizaje y contextos significativos, mientras que el aprendizaje supone la asimilación y transformación de esta información en conocimiento útil y aplicable. El proceso de enseñanza-aprendizaje se enmarca en teorías pedagógicas que integran aspectos cognitivos, emocionales y sociales, y se ve influenciado por factores como el entorno, las metodologías empleadas, los recursos disponibles y las características individuales de los estudiantes [19].

## **1.2 Planteamiento del problema**

Un estudio bibliométrico [20], indica que Estados Unidos y España lideran en publicaciones relacionadas con STEAM, representando conjuntamente el 60% de la producción académica en este ámbito, seguidos por Portugal y Japón con 12% y 8% respectivamente. De acuerdo con estadísticas del INEGI [21] al cuarto trimestre de

2020, México cuenta con aproximadamente 1.2 millones de docentes en educación básica. Con la iniciativa denominada Movimiento STEAM [22], en 2020 este programa solo capacitó aproximadamente 5,000 docentes en el país, promoviendo la enseñanza de disciplinas STEAM con una visión inclusiva y social.

Es por ello que, es fundamental analizar las limitaciones y oportunidades que enfrenta México para incrementar la capacitación docente en el enfoque STEAM y, en consecuencia, mejorar la integración de estas disciplinas en el sistema educativo nacional. A pesar de los esfuerzos realizados por iniciativas como el Movimiento STEAM, la cifra de docentes capacitados representa menos del 0.5% del total de profesores en educación básica, lo que evidencia una brecha significativa en la formación necesaria para implementar metodologías innovadoras y fomentar el interés de los estudiantes en áreas como ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas.

Por otro lado, identificar buenas prácticas y estrategias exitosas en países como Estados Unidos y España proporciona perspectivas valiosas para el diseño de programas de capacitación más efectivos y escalables en el contexto mexicano. Por lo cual, el enfoque STEAM surge como una alternativa efectiva para integrar estas disciplinas de manera práctica y transversal, promoviendo el aprendizaje significativo. Sin embargo, persiste la carencia de recursos didácticos innovadores que combinen este enfoque con metodologías atractivas y motivadoras, lo que dificulta su implementación efectiva en entornos educativos.

Paralelamente, la integración de tecnologías como la realidad aumentada en la educación está transformando la manera en que se enseña y aprende. Esta tecnología combina elementos del mundo real con entornos digitales interactivos, generando experiencias inmersivas y enriquecedoras en todos los niveles educativos. Desde cuentos interactivos en 3D en la educación infantil, hasta mapas y sistemas solares explorables en la educación primaria y secundaria, la realidad aumentada ha demostrado su potencial para motivar y comprometer a los estudiantes.

Ante este panorama, resulta fundamental desarrollar aplicaciones interactivas de realidad aumentada que se basen en el enfoque STEAM, ofreciendo herramientas que no solo sean funcionales y accesibles, sino también atractivas para los estudiantes. Un generador de aplicaciones de realidad aumentada orientado al enfoque STEAM, ayudaría de forma automática o semiautomática al diseño y desarrollo de estas herramientas, facilitando su integración en el aula. Esta solución combina innovación tecnológica, entretenimiento y formación en habilidades clave, representando un recurso valioso para transformar el proceso educativo y fomentar el crecimiento integral de los estudiantes.

### **1.3 Objetivo general y específicos**

En esta sección, se describe el objetivo general y los objetivos específicos con respecto al tema de tesis.

#### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM para educación básica.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar las tecnologías de información y comunicación, así como marcos de trabajo de realidad aumentada para el desarrollo de aplicaciones educativas.
- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM.
- Diseñar una arquitectura de la herramienta de generación de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM.
- Definir un proceso de desarrollo de generación de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM para educación básica.
- Evaluar la herramienta de generación de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM mediante casos de estudio como prueba de concepto.

## **1.4 Justificación**

En el contexto educativo actual, existe una creciente necesidad de implementar estrategias innovadoras que respondan a las expectativas y necesidades de los estudiantes. La evolución tecnológica y la transformación de los entornos de aprendizaje exigen herramientas que no solo enriquezcan los contenidos curriculares, sino que también faciliten la adquisición de competencias relevantes para un mundo en constante cambio. A pesar de los avances, muchos centros educativos carecen de recursos dinámicos y atractivos que conecten efectivamente con los intereses de las nuevas generaciones.

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Software, este proyecto presenta una arquitectura que describe un proceso estructurado para la generación automática de aplicaciones STEAM con realidad aumentada. La arquitectura define componentes, módulos y flujos de trabajo que permitieron sistematizar el diseño, la configuración y la producción de aplicaciones educativas inmersivas. Además, se establece un modelo que facilitó la reutilización de elementos, la parametrización de contenidos y la escalabilidad del sistema, contribuyendo a optimizar tiempos de desarrollo y a estandarizar la creación de recursos tecnológicos educativos.

En el ámbito educativo, el generador se consolidó como una herramienta orientada a fortalecer habilidades STEAM dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. La solución permite integrar ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas en experiencias interactivas que promovieron el pensamiento analítico-crítico, la resolución de problemas, la creatividad tecnológica, entre otras. Asimismo, facilita a los docentes la creación de actividades contextualizadas y adaptadas a distintas necesidades formativas, favoreciendo la participación del estudiante y mejorando la calidad de las prácticas pedagógicas. De esta manera, el trabajo de tesis contribuye tanto al avance tecnológico en la Ingeniería de Software como al fortalecimiento de competencias STEAM en el entorno educativo.

## **Capítulo 2. Estado de la práctica**

En este capítulo, se muestra un recuento de los estudios de investigación más relevantes que guardan una relación directa o indirecta con la tesis propuesta.

### **2.1 Trabajos relacionados**

Juškevičienė et al. [23], abordaron la relevancia del Pensamiento Computacional (PC) ante la necesidad de los estudiantes actuales, quienes buscan actividades educativas dinámicas, motivadoras y con retroalimentación inmediata; es por ello, que se planteó el proceso de diseño de una estrategia para el desarrollo de habilidades en PC dentro de la educación con STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), la cual se analizó su efecto a través de la computación física en el currículo académico de la asignatura de Artesanía e Informática de los alumnos de octavo curso sin experiencia previa en PC. Los resultados del estudio mostraron un incremento significativo en la alfabetización en PC en 14 habilidades distribuidas en siete dimensiones: dispositivos computacionales, descomposición, abstracción, algoritmos, comunicación y colaboración, informática y sociedad, y evaluación. La estrategia propuesta en este trabajo demostró mejoras en habilidades específicas de PC y proporcionó una guía práctica para docentes al diseñar actividades en asignaturas STEAM en la educación básica, fomentando el desarrollo de estas competencias.

Por otro lado, Anisimova et al. [24], analizaron el problema de la preparación y la disposición inadecuadas de los futuros profesores para aplicar eficazmente la educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). Se destacó una significativa brecha en la concientización y habilidades de los educadores respecto a los programas STEAM, particularmente en actividades educativas prácticas y basadas en proyectos. A su vez, se realizó un diagnóstico exhaustivo sobre el nivel de preparación de los futuros profesores y docentes en activo para implementar el enfoque STEAM en la educación; para esto, se realizó una recolección de datos entre estudiantes de la Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales y de la Facultad de Ingeniería y Tecnología, así como entre profesores activos de matemáticas y física. El análisis permitió identificar que, mientras el 67% de los profesores afirmaron sentirse

preparados para llevar a cabo actividades por proyectos, sólo el 15% de los alumnos se sentían igual. Además, el 71% de los profesores creía estar totalmente preparado para gestionar actividades de proyectos, frente a sólo el 10% de los estudiantes, lo que reveló una diferencia significativa en la percepción de la preparación para la educación STEAM entre los educadores y sus alumnos. También se descubrió que la preparación de los estudiantes para las actividades de proyectos aumentaba con cada año de estudio, lo que sugirió que la experiencia y la exposición desempeñan un papel crucial en el desarrollo de competencias.

Por su parte, Pristianti et al. [25] se centraron en la imprevisibilidad de los patrones meteorológicos en Indonesia, destacando la necesidad de herramientas eficaces para predecir precipitaciones y proteger los bienes de la lluvia, además de aumentar la conciencia medioambiental en los estudiantes mediante herramientas educativas. Por lo cual, se analizó la efectividad y sensibilidad de un prototipo de alarma de lluvia y su relación con el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) a través del modelo de investigación ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluaciones). Igualmente, los beneficios obtenidos se aplicaron en el aprendizaje de los estudiantes por medio de la enseñanza acerca del calentamiento global como tema de concientización ambiental. Los resultados del prototipo de alarma de lluvia basado en STEAM demostraron su alta eficacia, con todos los componentes funcionando correctamente. Los sensores de agua, temperatura y humedad mostraron gran sensibilidad a los cambios ambientales. Los comentarios de los usuarios fueron clave para realizar mejoras, y su aplicación en entornos educativos aumentó la conciencia medioambiental entre los estudiantes. Los resultados indicaron que el prototipo no solo es útil para predecir precipitaciones, sino que también mejora el aprendizaje sobre temas medioambientales y tecnológicos.

Montés et al. [26] identificaron el desinterés de los estudiantes por las áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), especialmente en el contexto de la enseñanza de la ingeniería. Sin embargo, se incluyó una nueva disciplina en el contexto STEM, la cual es el Arte y pasó a denominarse STEAM. El objetivo del trabajo

se centró en cómo se integró el aprendizaje STEAM dentro del proyecto EXPLORIA para mejorar el aprendizaje de la física, en particular, la parte del temario relacionada con la ingeniería mecánica. Se propuso hacerlo a través de diferentes proyectos, retos e hitos que permitieron al alumno ver su utilidad en el diseño y desarrollo de productos. Los resultados con el proyecto EXPLORIA mostraron una mejora significativa en el análisis de los estudiantes sobre principios de física y su implementación en el desarrollo de productos. Los alumnos destacaron su confianza en temas como el centro de gravedad (100%), las leyes de Newton (91%), la fricción (95), y reconocieron la utilidad de los retos prácticos para entender estos conceptos. Además, los retos fomentaron actitudes positivas hacia las matemáticas y la física, promoviendo un aprendizaje interdisciplinar crucial para el éxito en ingeniería. En general, el enfoque práctico e integrado del proyecto mejoró el compromiso y la comprensión en los campos STEAM.

Así mismo, Breda et al. [27] detectaron una gran deserción de estudiantes de ingeniería y altas tasas de fracaso en los cursos de Cálculo I en una universidad portuguesa, lo que generó la necesidad de mejorar el compromiso estudiantil, las habilidades para resolver problemas y los resultados académicos. Para abordar esto, se aplicaron metodologías centradas en el estudiante, como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y un enfoque STEAM, con el objetivo de mejorar la percepción de las matemáticas y reducir las tasas de fracaso, especialmente entre aquellos con dificultades en los cursos tradicionales de cálculo. Estas metodologías promovieron el trabajo colaborativo, permitieron aplicar conceptos matemáticos a problemas reales y mejoraron las habilidades de resolución de problemas. Los resultados mostraron una reducción en las tasas de fracaso en Cálculo I y un efecto favorable en el aprendizaje y la percepción de las matemáticas. Los alumnos expresaron preferencia por el aprendizaje colaborativo, y aquellos que participaron en proyectos de grupo destacaron los beneficios del enfoque STEAM en su comprensión matemática. Además, los procesos de evaluación flexibles crearon un entorno de aprendizaje más

accesible y efectivo, lo que sugiere que el enfoque centrado en el alumno mejora el compromiso y el éxito en matemáticas.

Un factor importante a considerar es la dificultad de preparar a los estudiantes de ingeniería civil para un sector en rápida digitalización, donde se manejan tecnologías avanzadas y grandes volúmenes de datos; es por eso, que Chacon y Estela [28] desarrollaron una serie de talleres que integraron la fabricación, la codificación y la instrumentación en el plan de estudios de ingeniería civil. Los talleres tuvieron como objetivo mejorar el desempeño y originalidad de los estudiantes mediante la fusión de conceptos STEAM, equipando así a los estudiantes con habilidades esenciales relevantes para la evolución del sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). La iniciativa se diseñó para implementarse en cursos para estudiantes de primer a tercer año de ingeniería civil en la Universidad Politécnica de Catalunya, con un enfoque en aplicaciones prácticas como el desarrollo de un Sistema de Aprendizaje Tangible (TLS) y el uso de plataformas de programación algorítmica como Grasshopper para el modelado digital y la integración de datos. Los resultados mostraron que los estudiantes completaron actividades como trazado de curvas, diferenciación de funciones, fabricación en 3D y desarrollo de circuitos, adquiriendo habilidades técnicas clave y culminando exitosamente el desarrollo del TLS dentro del plazo establecido.

Tran et al. [29] analizaron que la creatividad es uno de los factores más significativos para generar nuevo valor y buscar soluciones a retos difíciles, además de que la educación STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) tuvo más éxito en los últimos años, sin embargo, hay pocos estudios acerca de su impacto en la creatividad científica. El trabajo implicó un aprendizaje basado en proyectos, en el que estudiantes de primaria se dedicaron a ensamblar un tubo de ahorro con forma de casa y a investigar diversos resultados en diferentes condiciones. La investigación produjo dos fases de cursos: una sobre ciencia de cerraduras y el segundo basado en STEAM, con la finalidad de evaluar qué secuencia es más eficaz para fomentar la creatividad. El enfoque estuvo en la mejora de habilidades como la fluidez, la

flexibilidad y la originalidad a través de proyectos prácticos y de la investigación científica. Tanto el grupo de control como el grupo experimental mostraron puntuaciones más altas en creatividad científica después de participar en el plan de estudios en comparación con las puntuaciones obtenidas antes de la prueba. Esta mejora se observó independientemente del género, lo que sugirió que los efectos del plan de estudios STEAM fueron similares tanto para niños como para niñas.

Montés et al. [30] abordaron los desafíos de integrar proyectos STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación, incluyendo la falta de conexión con aplicaciones del mundo real, la insuficiente formación docente, la redundancia en los planes de estudio y la necesidad de enfoques interdisciplinarios que fomenten la creatividad y la innovación en los estudiantes. Para ello, se diseñó una estrategia metodológica para la generación de proyectos STEAM, que se ajusten a los planes de estudios nacionales y promuevan el aprendizaje interdisciplinar, la cual incluyó dos enfoques: la metodología "Forward", que identifica áreas temáticas con conexiones entre asignaturas para desarrollar proyectos transdisciplinarios, y la metodología "Retrospectiva", que parte de un tema específico y encuentra conexiones dentro del currículo. Ambas variantes buscaron fomentar la creatividad estudiantil, la innovación y abordar desafíos como la formación docente y la redundancia curricular. Esta metodología permitió identificar áreas temáticas conectadas entre asignaturas, reducir redundancias curriculares y confirmar un alto potencial de integración STEAM en el 86% de los grupos analizados. Además, destacó la importancia de la formación docente para mejorar la implementación, promoviendo creatividad, innovación y relevancia en la educación.

Por otro lado, Zhu et al. [31] destacaron la falta de estrategias eficaces en cursos de tecnología de la información (TI) alineadas con la educación STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), destacando la necesidad de mejorar el compromiso estudiantil, las conexiones interdisciplinarias y las habilidades de resolución de problemas mediante aprendizaje basado en proyectos y aplicaciones prácticas. Por ello, se aplicó un enfoque pedagógico basado en STEAM en los cursos

de TI mediante el diseño de un "Sistema inteligente de invernadero agrícola". Este enfoque promovió el aprendizaje basado en proyectos, favoreciendo el trabajo colaborativo, la resolución creativa de problemas y la integración de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas. Los estudiantes abordaron aplicaciones prácticas relacionadas con el cuidado de plantas, mejorando su compromiso y habilidades interdisciplinarias. Además, se incorporaron evaluaciones reflexivas para fomentar una mejora continua y fortalecer la alfabetización digital. Al aplicar el enfoque pedagógico se mostró un aumento significativo en el compromiso estudiantil (76,7%), una mejora en las habilidades de resolución de problemas (49,1%) y un fortalecimiento de las conexiones interdisciplinarias (72,1%). El aprendizaje colaborativo promovió un entorno positivo, y la aplicación de escenarios prácticos, como el diseño del Sistema de Invernadero Agrícola Inteligente, hizo que el aprendizaje fuera más relevante y aplicable a situaciones reales.

Ananda et al. [32] señalaron que las habilidades de pensamiento computacional son esenciales para resolver problemas complejos, sin embargo, el uso de la tecnología en el aprendizaje genera malentendidos y desinformación. En el estudio se integró el enfoque Design Thinking con STEAM-PjBL (aprendizaje basado en proyectos STEAM) para impulsar las capacidades del análisis computacional de los alumnos. A través de este enfoque, los estudiantes resolvieron problemas contextuales, como la contaminación del agua por el uso de detergentes, utilizando el concepto químico de reacciones redox. El proceso se llevó a cabo haciendo uso de plataformas en línea y se evaluaron las habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes mediante indicadores clave como descomposición, algoritmos, datos y abstracción. Se implementó en 41 estudiantes de la materia de ciencias que cursaban el décimo grado, los cuales mostraron un alto nivel de competencia en las habilidades de resolución de problemas, pasos de resolución, soluciones relevantes y representación a través de la tecnología, alcanzando principalmente los niveles 3 y 4 en los indicadores de descomposición, algoritmos, datos y abstracción. Este enfoque mejoró la comprensión de los estudiantes al conectar conceptos químicos con situaciones cotidianas.

Perales y Aróstegui [33] indicaron la insuficiente integración de las artes en la educación STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), lo cual limita el fomento de la creatividad, la capacidad para resolver problemas y los resultados generales de aprendizaje. Se mencionó que esta integración es crucial para preparar a los estudiantes frente a desafíos complejos que requieren no solo habilidades técnicas, sino también un enfoque ético; es por ello que se analizó el surgimiento del enfoque STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) para unir a las artes en el contenido académico y este enfoque ofreció una educación más holística para estimular la innovación, el pensamiento analítico y el manejo de desafíos, mientras que incorporó aspectos sociales y éticos, con la finalidad de preparar a los estudiantes para abordar desafíos complejos con una perspectiva más equilibrada y completa. Con base, en la información analizada se identificó una transformación educativa que combine un enfoque humanista con una sólida base científica, promoviendo una educación integral que prepare a las nuevas generaciones para enfrentar tanto las demandas sociales como económicas actuales. Se planteó el establecimiento de una escuela más democrática y social, que vaya más allá de la racionalidad económica y fomente una formación completa para los estudiantes.

Eitah y Abueita [34] exploraron la necesidad de mejorar las habilidades de pensamiento creativo y resolución de problemas en estudiantes mediante metodologías efectivas en la educación STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). Se planteó que los enfoques tradicionales no apoyan adecuadamente estas habilidades, por lo que se investigó cómo la integración interdisciplinaria en STEAM sirve para potenciar el desarrollo cognitivo y el rendimiento académico en comparación con métodos tradicionales. Por eso se propuso implementar metodologías STEAM en los planes educativos, integrando disciplinas para ampliar la creatividad mental y el manejo de conflictos, lo que incluyó estrategias como el uso de recursos adecuados, enfoques constructivistas, proyectos colaborativos y currículos prácticos que fomenten la creatividad y el pensamiento crítico en un entorno de aprendizaje atractivo y eficaz. El estudio demostró que el

enfoque STEAM mejora significativamente las habilidades de pensamiento creativo en estudiantes de octavo grado, especialmente en fluidez, flexibilidad y originalidad, según la prueba de pensamiento creativo de Torrance. Además, se observó una repercusión beneficiosa en las capacidades cognitivas y el desempeño escolar general, superando los resultados obtenidos con métodos tradicionales de enseñanza.

Lee et al. [35] examinaron la ausencia de estrategias educativas que fortalezcan la innovación y el razonamiento analítico de los alumnos a través de la integración de herramientas de inteligencia artificial (IA) en las tareas de aprendizaje. Se destacó la importancia de involucrar a los alumnos en el manejo de desafíos realistas, especialmente en clases STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) centradas en el arte, utilizando herramientas de IA generativa para fomentar la creatividad. Por lo cual, en el estudio se integró la herramienta de IA generativa Stable Diffusion, en un plan de estudios STEAM centrado en el arte. Este enfoque buscó potenciar la creatividad y el pensamiento crítico de los alumnos, involucrándolos en la resolución de retos a través de un taller estructurado que guía la creación de mensajes para generar imágenes con IA, promoviendo la expresión artística y la colaboración con la tecnología. Se destacó que la integración de herramientas de IA generativa en las clases de arte redujo la brecha de género en cuanto a interés y participación. Los estudiantes varones mostraron mayor confianza y entusiasmo por las actividades artísticas con IA, mientras que algunas alumnas prefirieron el arte tradicional por causa de la aleatoriedad de los resultados. Además, el uso de IA despertó la curiosidad de los alumnos, promoviendo un mayor interés en aprender sobre estas tecnologías. El estudio sugirió que las herramientas de IA influyen positivamente en el desarrollo del pensamiento divergente y convergente, mejorando la creatividad y el compromiso en la educación STEAM.

En cambio, McGuinness [36] evaluó el inadecuado desarrollo de las capacidades interpersonales en la educación STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), donde los métodos tradicionales, como los exámenes de alto nivel, se centran en la memorización y no favorecen habilidades sociales clave como la

comunicación, resiliencia y creatividad. La investigación criticó estos métodos y buscó identificar herramientas de evaluación actuales, por lo tanto, desarrolló una herramienta de autoevaluación para que los educadores STEAM evalúen de manera más efectiva las habilidades interpersonales de los estudiantes, superando las limitaciones de los métodos tradicionales. Además, el estudio utilizó un enfoque de métodos mixtos para evaluar la eficiencia de la metodología STEAM destacando la importancia de establecer objetivos de aprendizaje y criterios de éxito claros para guiar a los estudiantes en su desarrollo interpersonal. La implementación de la herramienta indicó que, aunque la autoevaluación de las habilidades interpersonales no tuvo un impacto significativo en su desarrollo, sí favoreció el rendimiento de los estudiantes en exámenes de alto nivel. Se identificó la complejidad de evaluar habilidades interpersonales en educación STEAM, señalando que los métodos tradicionales no capturan adecuadamente su naturaleza dinámica. Además, los estudiantes percibieron mejoras en sus competencias interpersonales tras participar en proyectos STEAM, sugiriendo que el proceso de evaluación en sí mismo contribuyó al desarrollo de estas habilidades.

Abdulwahid et al. [37] discutieron el problema de predecir el rendimiento y el éxito educativo de los alumnos en la universidad, específicamente del país de Irak, con la finalidad de optimizar el desempeño académico y prevenir el fracaso escolar. Se destacó la necesidad de comprender los diversos factores que influyen en el rendimiento estudiantil y utilizar tecnologías avanzadas, como la analítica y la minería de datos, para predecir los resultados académicos. En el trabajo se plantearon dos modelos: el modelo de siete asignaturas, una calificación y un resultado (SOO), que simula el sistema de rendimiento académico clásico de Irak (SsAP), y el modelo de siete asignaturas, doce años y siete resultados (STS), que predice la aceptación de los estudiantes en instituciones educativas basándose en sus habilidades e intereses en STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) a lo largo de 12 años. Se mostró que el modelo SOO simula con precisión el sistema SsAP clásico, mientras que el modelo STS predice con éxito el rendimiento académico de los

estudiantes considerando sus habilidades e intereses STEAM. Ambos modelos lograron una tasa de precisión global de alrededor del 99%, con errores de histograma de 10-5 entre los resultados objetivos y reales. Además, el modelo SOO requirió 1000 épocas para optimizarse, mientras que el modelo STS logró la optimización en un rango de 10 a 600 épocas.

Saimon et al. [38] identificaron que los docentes tenían dificultades para diseñar problemas que se ajustaran al marco del STEAM transdisciplinario exterior, especialmente en contextos educativos con limitado acceso a tecnologías educativas. Los estudiantes del siglo XXI necesitaban desarrollar habilidades aplicables en lugar de memorizar conocimientos, pero existía una desconexión entre el aprendizaje en el aula y la resolución de problemas reales. Es por ello, que propusieron un modelo de seis fases utilizando crisis reales (COVID-19, hambrunas, olas de calor) como recursos de enseñanza: identificación de áreas de contenido, análisis de crisis, emparejamiento de contenidos con aspectos pedagógicos, diseño de actividades de enseñanza-aprendizaje, planteamiento de problemas con rúbricas de evaluación, y reflexión con estudiantes. El modelo integró matemáticas, lengua, artes y tecnología. El modelo demostró potencial para facilitar la educación STEAM transdisciplinaria exterior sostenible, especialmente en países de bajos recursos. El modelo promovió un espíritu orientado a la acción entre estudiantes para lidiar con crisis en sus contextos locales, conectando efectivamente el aprendizaje en el aula con la resolución de problemas del mundo real y desarrollando habilidades integradas multidisciplinarias.

Veziroglu-Celik et al. [39] indagaron que los docentes de educación infantil carecían de conocimientos suficientes sobre STEAM, implementaban pocas actividades de este tipo en sus aulas, tenían problemas para encontrar recursos y se sentían inadecuados para planificar y ejecutar actividades STEAM efectivas. El 62.9% de los maestros se sentían incompetentes al aplicar actividades STEAM. Para ello, realizaron un estudio cualitativo con 35 maestros y 73 niños utilizando entrevistas semiestructuradas y análisis de contenido. Se investigaron las perspectivas tanto de docentes como de estudiantes sobre conocimientos STEAM, materiales utilizados, tipos de actividades,

recursos, competencia docente y estrategias para resolver desafíos. Como resultados obtenidos se identificó que los niños mostraban mayor curiosidad hacia temas de ciencias e ingeniería, especialmente plantas y animales, disfrutando más los experimentos, arte y juegos. Los maestros necesitaban capacitación específica, apoyo administrativo y recursos materiales. Se confirmó que los docentes reconocían la importancia de STEAM, pero requerían desarrollo profesional continuo, formación colaborativa y recursos pedagógicos apropiados para implementar efectivamente este enfoque en educación temprana.

Chappell et al. [40] encontraron que los educadores, investigadores, estudiantes y responsables de políticas enfrentan desafíos complejos en la educación STEAM europea, especialmente en la intersección entre educación secundaria y terciaria, con dificultades para abordar problemas complejos y conectar la ciencia abierta con la educación. Por lo que, desarrollaron el marco de trabajo Road-STEAMer a través de una revisión sistemática de literatura, estableciendo siete características clave: equidad, interrelaciones disciplinarias, colaboración, conexiones del mundo real, pensamiento-creación-acción, creatividad, e inclusión-empoderamiento-personalización. Se creó una metodología con cuestionarios y diagramas radar para evaluar más de 40 proyectos STEAM europeos. El marco de trabajo demostró ser efectivo para catalizar los beneficios del enfoque STEAM, especialmente en respuestas post-sostenibilidad a la emergencia climática. Se validó su aplicabilidad a través de casos de estudio como Ocean Connections y SciCultureD, proporcionando una herramienta estratégica para mejorar la práctica STEAM transdisciplinaria y empoderar a la próxima generación para enfrentar desafíos globales.

Jatnkoon et al. [41] determinaron que la educación STEAM tradicional enfrentaba limitaciones significativas en términos de accesibilidad, participación e implementación práctica, particularmente en entornos de aprendizaje en línea. Los enfoques convencionales no integraban efectivamente el micro aprendizaje, tecnología de realidad aumentada y MOOCs (*Massive Open Online Courses*, Cursos Masivos Abiertos en Línea) para fomentar creatividad e innovación, resultando en experiencias

de aprendizaje fragmentadas y menos efectivas. Se desarrolló un modelo integral que combinó educación STEAM, principios de micro aprendizaje y tecnología AR dentro de MOOCs. El modelo incluyó seis componentes: análisis de necesidades, diseño de micro contenido, actividades STEAM, entorno de realidad aumentada, implementación y evaluación. Se estructuró jerárquicamente con resultados de aprendizaje en la cima, enfocándose en creatividad, innovación y logro académico medidos a través de instrumentos validados incluyendo Pruebas de Torrance para creatividad. La evaluación de expertos mostró resultados excepcionales con puntuación media general de 4.72 en el nivel de apropiación más alto. Las conexiones interdisciplinarias y creación de medios STEAM obtuvieron las puntuaciones más altas (4.90). Todos los componentes del modelo, etapas de gestión del aprendizaje y métodos de evaluación recibieron calificaciones de nivel más alto, demostrando la efectividad del modelo para mantener integración transdisciplinaria significativa en entornos digitales y proporcionar un marco robusto para evaluar resultados educativos complejos.

Wu et al. [42] abordaron la problemática de que la educación STEM, aunque efectiva en resultados de aprendizaje, carece de creatividad en sus procesos pedagógicos, y existe una brecha de investigación sobre cómo los estilos de creatividad ACT (*Actively Engage in Generating Ideas*, Participación Activa en Generación de Ideas) y FLOW (inmersión total en actividades) afectan la motivación y compromiso estudiantil. Como solución, los investigadores implementaron un programa STEAM integrado con inteligencia artificial para desarrollo de juegos de reconocimiento de imágenes, utilizando hardware (cámaras web) y software (Kittenblock) con 65 estudiantes universitarios taiwaneses, midiendo sus estilos de creatividad, motivación y engagement en dimensiones cognitiva, conductual, emocional y social. Los resultados demostraron que tanto los grupos de alto ACT como los de alto FLOW exhibieron significativamente mayor compromiso de aprendizaje que los grupos bajos; específicamente, el alto ACT mejoró la motivación en estrategias de aprendizaje activo y valoración científica, mientras que el alto FLOW incrementó la motivación en casi

todas las dimensiones excepto metas de rendimiento, confirmando que los estilos de creatividad potencian efectivamente el aprendizaje STEAM.

## 2.2 Análisis comparativo

La tabla 2.1 presenta un contraste de los cinco trabajos con mayor relación en el tema de anteproyecto, su finalidad es mostrar las coincidencias y distinciones más relevantes.

**Tabla 2. 1** Análisis comparativo de los artículos relacionados

| Artículo                 | Problema                                                                                                                                   | Contribución                                                                                                                                                      | Tecnología                                                 | Resultados                                                                                                                                                    | Estado    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Juškevičienė et al. [23] | La ausencia de actividades educativas dinámicas que motiven a los estudiantes y desarrollen el Pensamiento Computacional.                  | Diseño de una estrategia STEAM para desarrollar habilidades en Pensamiento Computacional.                                                                         | Arduino, Sensores, Servomotores, Sistemas de domótica.     | El estudio mostró mejoras significativas en 14 habilidades de Pensamiento Computacional, proporcionando una guía práctica para docentes en actividades STEAM. | Terminado |
| Montés et al. [26]       | Falta de interés estudiantil en el enfoque STEM, especialmente en ingeniería, abordado mediante la integración del Arte para formar STEAM. | Integración de STEAM en el proyecto EXPLORIA para mejorar el aprendizaje de física aplicada e ingeniería mecánica mediante retos prácticos y diseño de productos. | GeoGebra, Matlab.                                          | Se mejoró la comprensión física, la confianza (centro de gravedad 100%, leyes de Newton 91%) y actitudes positivas hacia matemáticas y física.                | Terminado |
| Chacon y Estela [28]     | La dificultad de preparar a los estudiantes de ingeniería civil para un sector digitalizado que                                            | Creación de talleres integrando fabricación, codificación y conceptos                                                                                             | Impresión 3D, Arduino, Grasshopper, LiDAR, Light Detection | Los estudiantes adquirieron habilidades técnicas clave al completar                                                                                           | Terminado |

| Artículo        | Problema                                                                                                                                                                                           | Contribución                                                                                                                                                                                      | Tecnología                                                                     | Resultados                                                                                                                                                               | Estado    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                 | maneja tecnologías avanzadas y grandes volúmenes de datos.                                                                                                                                         | STEAM en el currículo de ingeniería civil para mejorar la creatividad.                                                                                                                            | and Ranging.                                                                   | actividades como trazado de curvas, fabricación en 3D y desarrollo de circuitos.                                                                                         |           |
| Zhu et al. [31] | La deficiencia de estrategias en TI alineadas con STEAM, y la necesidad de mejorar el compromiso, la interdisciplinaria y las habilidades de resolución de problemas mediante proyectos prácticos. | Se aplicó un enfoque STEAM en cursos de TI mediante el diseño de un "Invernadero agrícola inteligente", promoviendo el aprendizaje práctico y la mejora de habilidades interdisciplinarias.       | Impresión 3D (3Done), Arduino, Sensores.                                       | Aumentó el compromiso (76,7%), mejoró la resolución de problemas (49,1%) y fortaleció las conexiones interdisciplinarias (72,1%), haciendo el aprendizaje más relevante. | Terminado |
| Lee et. al [35] | Falta de estrategias para fortalecer la creatividad y el pensamiento crítico mediante herramientas de IA en clases STEAM, especialmente en áreas centradas en el arte.                             | Se integró Stable Diffusion en un plan STEAM centrado en el arte para fomentar creatividad, pensamiento crítico y expresión artística, reduciendo la brecha de género en interés y participación. | IA generadora de imágenes (Stable Diffusion), Dream Studio, Google translator. | El uso de IA aumentó la curiosidad, el interés y la creatividad en los estudiantes, destacando su impacto positivo en el pensamiento divergente y convergente.           | Terminado |

Como se observa, destacan que la integración de tecnologías emergentes (Arduino, IA, sensores), metodologías interdisciplinarias y formación docente son clave en STEAM. Además, el uso de herramientas junto con estrategias pedagógicas efectivas, potencian habilidades como innovación y razonamiento digital, mostrando que un generador de aplicaciones de realidad aumentada STEAM logra resultados sostenibles y escalables.

## 2.3 Propuesta de solución

Para el desarrollo del generador se presentan las tecnologías y herramientas que se consideraron utilizar después de un análisis exhaustivo, tomando en cuenta las ventajas y desventajas, características, costos y beneficios de cada una de las tecnologías y herramientas analizadas, se determinó la siguiente combinación de tecnologías de la información, como se muestra explícitamente en la Tabla 2.2.

**Tabla 2. 2** *Combinación de tecnologías de la información*

| Metodología de Desarrollo | Lenguaje de Programación | Tipo de aplicación | Tecnología de RA |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Metodología de 4 etapas   | TypeScript + JavaScript  | Web, Móvil         | AR.js y Three.js |

La solución propuesta para la generación de aplicaciones de realidad aumentada utiliza tecnologías clave que cumplen con los objetivos del proyecto. La metodología de 4 etapas se eligió por su flexibilidad y enfoque en ciclos de desarrollo cortos, lo que resulta crucial para proyectos innovadores con interacción constante con usuarios. TypeScript aporta un sistema de tipos estático que mejora la detección temprana de errores y facilita el mantenimiento del código, mientras que JavaScript proporciona compatibilidad nativa con navegadores y facilita la integración con las bibliotecas AR.js y Three.js para crear experiencias inmersivas de realidad aumentada en múltiples plataformas.

Para la integración de realidad aumentada, se eligieron AR.js y Three.js por su capacidad de ofrecer experiencias inmersivas a través de navegadores web, sin necesidad de instalar aplicaciones adicionales. Esta combinación tecnológica asegura que la aplicación no solo sea eficaz y accesible, sino que también ofrezca una expectativa educativa alineada con los principios del enfoque STEAM, utilizando tecnologías innovadoras para motivar a los usuarios.

### Capítulo 3. Aplicación de la metodología

El presente capítulo describe cada una de las fases de la metodología para el desarrollo del generador de aplicaciones. De acuerdo con la primera fase de análisis, se presentan las pruebas realizadas en las diferentes tecnologías de realidad aumentada y el análisis de las actividades lúdicas STEAM. En la etapa de diseño se muestra la maquetación del prototipo del generador, el proceso de generación de las aplicaciones con realidad aumentada y la arquitectura de generación de aplicaciones. Finalmente, se detalla el proceso de generación de aplicaciones con realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM.

#### 3.1 Metodología

Esta sección presenta la metodología utilizada para la elaboración de este trabajo de tesis, la cual se divide en las fases de: análisis, diseño, desarrollo y pruebas, como se observa en la Figura 3.1, en donde se detallan los entregables por cada fase. La metodología propuesta permite desarrollar el generador de aplicaciones con realidad aumentada bajo el enfoque STEAM.

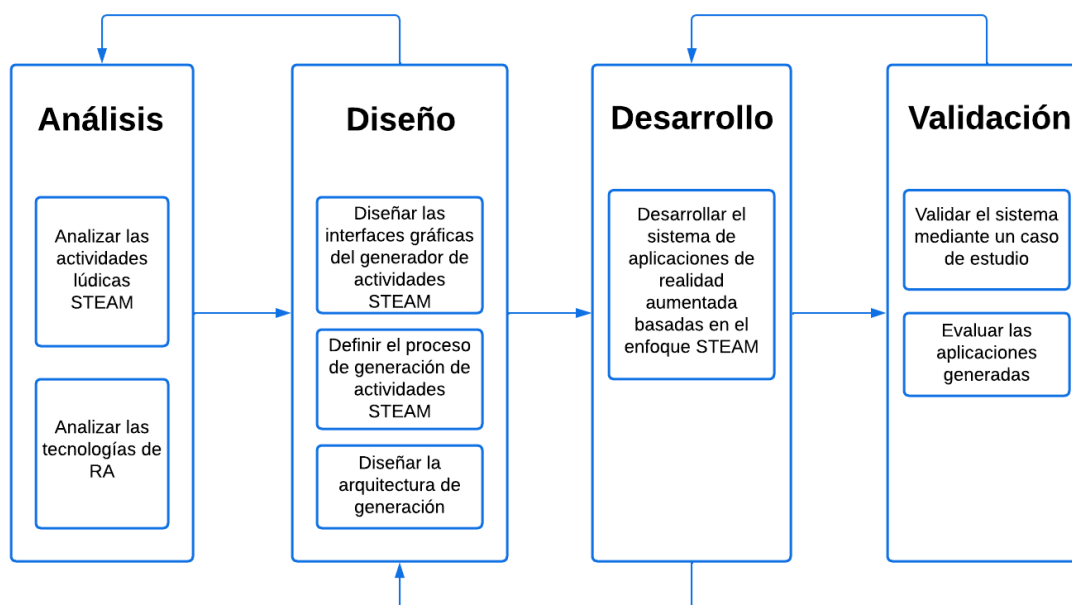


**Figura 3. 1** Metodología de desarrollo para el proceso de generación de aplicaciones con realidad aumentada bajo el enfoque STEAM

### 3.2 Fase de Análisis

Se describe el análisis exhaustivo en la literatura de las actividades lúdicas STEAM y el análisis de las tecnologías de RA, a través de ejemplos realizados en las diferentes bibliotecas de RA.

#### 3.2.1 Análisis de Actividades Lúdicas STEAM

La figura 3.2 muestra un mapa general con la selección de las quince actividades lúdicas STEAM las cuales están identificadas a través de un icono, por lo que, corresponden tres actividades a cada una de las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas. Cabe mencionar que uno de los criterios al seleccionar estas actividades lúdicas STEAM, es que cada una fortalece habilidades que se fomentan en cada área STEAM, como, por ejemplo, el pensamiento lógico-matemático, el pensamiento analítico, la resolución de problemas, la creatividad o el manejo de nuevas tecnologías.

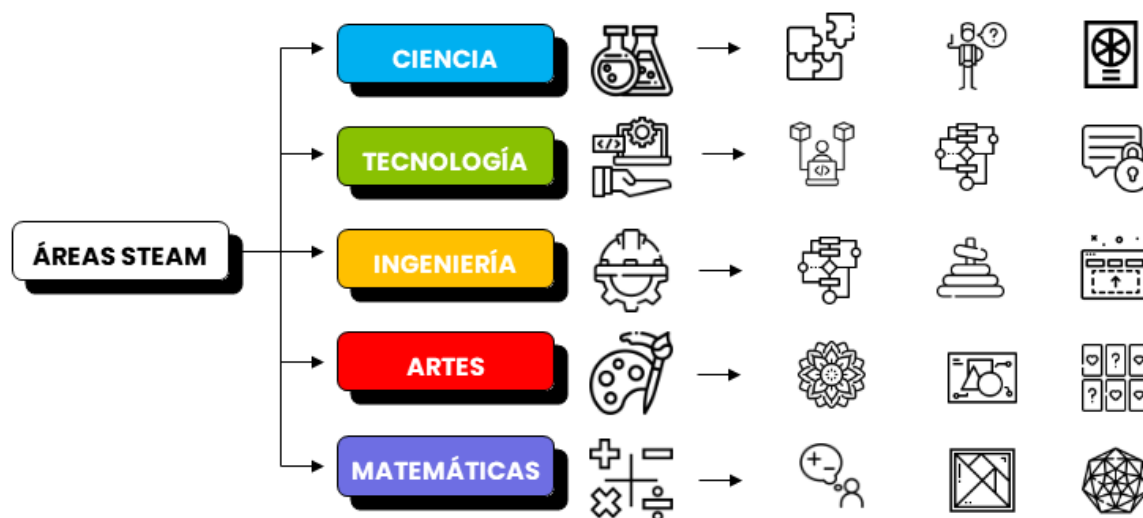
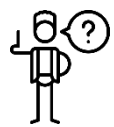
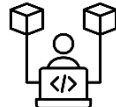
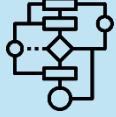


**Figura 3. 2** Mapa general de actividades lúdicas STEAM

En la Tabla 3.1 se describe cada una de las habilidades STEAM asociadas a las actividades lúdicas STEAM, para que se observe de manera detallada la identificación de cada actividad con la iconografía presentada anteriormente.

**Tabla 3. 1** Descripción de habilidades asociadas a las actividades lúdicas STEAM

| Área STEAM | Actividad                | Iconografía                                                                         | Habilidades STEAM asociadas a la actividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ciencia    | Rompecabezas 3D          |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación, resolución de problemas.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento lógico.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Precisión y atención al detalle.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|            | Acertijos                |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Pensamiento analítico y crítico.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico, resolución de problemas complejos.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico-matemático, resolución de problemas cuantitativos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|            | Reto Cromático de Newton |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Pensamiento analítico y crítico, observación y experimentación, resolución de problemas.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Manejo de herramientas tecnológicas.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado, diseño y construcción de soluciones, modelado, aplicación de principios matemáticos y físicos.</li> <li>• <b>Artes:</b> Diseño y representación gráfica, creatividad e imaginación, expresión visual.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Pensamiento abstracto, precisión y atención al detalle.</li> </ul> |
| Tecnología | Programación por bloques |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tecnología:</b> Programación y codificación, manejo de herramientas tecnológicas, adaptabilidad a nuevas tecnologías.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| Área STEAM        | Actividad                | Iconografía                                                                         | Habilidades STEAM asociadas a la actividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingeniería:</b> Diseño y construcción de soluciones, modelado y prototipado.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                   | Desarrollo de algoritmos |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tecnología:</b> Manejo de herramientas tecnológicas, innovación y creatividad tecnológica.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico-matemático.</li> </ul>                                                                                                                                                       |
|                   | Cripto de mensajes       |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación, resolución de problemas.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Alfabetización digital, seguridad informática.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico.</li> <li>• <b>Artes:</b> Expresión visual, comunicación, diseño y representación gráfica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico-matemático, pensamiento abstracto.</li> </ul> |
| <b>Ingeniería</b> | Diagrama de flujo        |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tecnología:</b> Programación y codificación, adaptabilidad a nuevas tecnologías.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Diseño y construcción de soluciones, resolución de problemas complejos, pensamiento estructurado y lógico.</li> </ul>                                                                                                                                                        |
|                   | Torres de Hanoi          |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Pensamiento analítico y crítico, resolución de problemas, razonamiento lógico.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico, diseño y construcción de soluciones,</li> </ul>                                                                                                                                                                                |

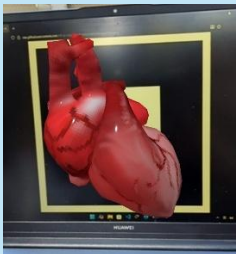
| Área STEAM | Actividad                                   | Iconografía                                                                         | Habilidades STEAM asociadas a la actividad                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                             |                                                                                     | <p>resolución de problemas complejos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Artes:</b> Creatividad e imaginación, diseño y representación gráfica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico - matemático, pensamiento abstracto.</li> </ul>                                                                     |
|            | Arrastrar y soltar (Drag and Drop)          |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación, resolución de problemas.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Manejo de herramientas tecnológicas.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Precisión y atención al detalle, pensamiento abstracto</li> </ul> |
| Artes      | Mándala                                     |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación y experimentación, razonamiento lógico.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Innovación y creatividad tecnológica.</li> <li>• <b>Artes:</b> Creatividad e imaginación, expresión visual, musical y/o escénica, sensibilidad estética.</li> </ul>                      |
|            | Asociación de colores con palabras (Stroop) |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación y experimentación.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Alfabetización digital.</li> <li>• <b>Artes:</b> Comunicación y narrativa, diseño y representación gráfica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Precisión y atención al detalle.</li> </ul>                        |
|            | Juego de memoria                            |                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación y experimentación.</li> <li>• <b>Tecnología:</b> Manejo de herramientas tecnológicas.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico.</li> </ul>                                                                                              |

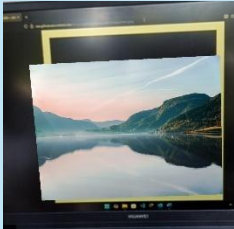
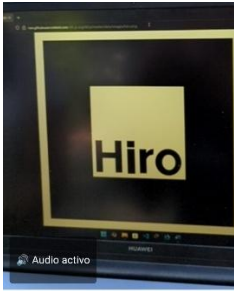
| Área STEAM         | Actividad      | Iconografía                                                                         | Habilidades STEAM asociadas a la actividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Artes:</b> Expresión visual, musical y/o escénica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico-matemático, pensamiento abstracto.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Matemáticas</b> | Cálculo mental |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tecnología:</b> Adaptabilidad a nuevas tecnologías.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico, resolución de problemas complejos.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Razonamiento lógico-matemático, resolución de problemas cuantitativos.</li> </ul>                                                                                                                                                         |
|                    | Tangram        |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ciencia:</b> Observación y experimentación, resolución de problemas.</li> <li>• <b>Ingeniería:</b> Pensamiento estructurado y lógico, diseño y construcción de soluciones, modelado y prototipado.</li> <li>• <b>Artes:</b> Creatividad e imaginación, diseño y representación gráfica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Resolución de problemas cuantitativos, pensamiento abstracto, precisión y atención al detalle.</li> </ul> |
|                    | Diseño fractal |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingeniería:</b> Diseño y construcción de soluciones, modelado y prototipado.</li> <li>• <b>Artes:</b> Diseño y representación gráfica.</li> <li>• <b>Matemáticas:</b> Pensamiento abstracto, precisión y atención al detalle.</li> </ul>                                                                                                                                                                                         |

### 3.2.2 Análisis de Tecnologías de RA

De acuerdo con las bibliotecas de funciones de realidad aumentada seleccionadas para la integración de RA a las actividades lúdicas STEAM, se realizaron seis pruebas con diferentes tipos de contenido aumentado, a través del marcador HIRO. En la Tabla 3.2 se muestra la comparativa de las tecnologías de RA.

**Tabla 3. 2** Análisis comparativo de las tecnologías RA

| Tipo de contenido | Descripción                                                                          | AR.js                                                                               | Three.js                                                                             | Observaciones                                                                                                                                                     |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Modelo 3D</b>  | Prueba realizada con el modelo 3D de un corazón.                                     |   |   | Se muestra de manera correcta el modelo del corazón en ambas bibliotecas, sin embargo, con AR.js se mantiene fijo, mientras con Three.js se visualiza movimiento. |
| <b>Texto</b>      | Prueba realizada con un texto que dice "Texto desde AR.js" y "Ejemplo con Three.js". |  |  | El texto se visualiza correctamente en ambos casos, pero tiene poca animación en el caso de AR.js y con Three.js se observa más animación en el texto.            |

| Tipo de contenido                              | Descripción                                                                                                                                                    | AR.js                                                                               | Three.js                                                                             | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Imagen</b>                                  | Prueba donde se muestra una imagen de un paisaje.                                                                                                              |    |    | Se observa correctamente la imagen y carga de manera rápida en las dos tecnologías.                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Audio</b>                                   | Prueba realizada con un audio del latido de un corazón.                                                                                                        |   |   | El audio del latido del corazón se escucha de manera adecuada y con un buen volumen para la biblioteca de AR.js y en el caso de Three.js el audio se percibe con menor volumen.                                                                                                     |
| <b>Combinación de modelo 3D, texto y audio</b> | Prueba con la combinación de tres tipos de contenidos, los cuales son el modelo 3D del corazón, un texto que dice "Corazón" y el audio del latido del corazón. |  |  | La combinación de los tres tipos de contenido carga de manera correcta y rápida, pero el modelo se muestra fijo y el texto sin animación para AR.js, por otro lado, con Three.js existe movimiento en el modelo 3D y mayor animación en el texto, pero tarda más la carga de la RA. |

| Tipo de contenido                               | Descripción                                                                                                                                                      | AR.js                                                                             | Three.js                                                                           | Observaciones                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Combinación de modelo 3D, imagen y audio</b> | Prueba que muestra la combinación de tres tipos de contenidos, los cuales son el modelo 3D del corazón, la imagen del paisaje y el audio del latido del corazón. |  |  | La combinación de los tres tipos de contenido carga de manera correcta y rápida, además de que el audio tiene el volumen adecuado para AR.js, mientras con Three.js, tarda más la carga de la RA y el audio se escucha muy bajo. |

Con se muestra en la comparativa de los ejemplos de las dos bibliotecas de realidad aumentada, todos los tipos de contenido y las diferentes combinaciones se logran visualizar y cargar de manera correcta. Sin embargo, existen ventajas y desventajas por parte de ambas tecnologías, como es el caso de AR.js, que, si bien carga de manera más rápida la RA, no contiene una mayor animación, a diferencia de Three.js, que se observa una mayor animación y movimiento en el caso del modelo 3D. Es por ello, que ambas bibliotecas fueron seleccionadas para integrar la RA, por la unión de sus características de eficiencia de carga, animación y modelado.

### 3.3 Fase de Diseño

Se muestra el maquetado del prototipo de la plataforma generadora, así como el proceso de generación de las aplicaciones STEAM y la definición de la arquitectura del generador.

#### 3.3.1 Diseño de las interfaces gráficas del generador de aplicaciones

Como parte del diseño se definieron las interfaces del prototipo del generador de aplicaciones para definir el flujo general de la herramienta y las opciones mostradas en cada interfaz. La herramienta utilizada para el diseño de los *mockups* es Balsamiq en la versión 4.6.2, ya que permite representar el proceso de navegación del usuario.

Se tienen definidos siete pasos para el proceso de generación de aplicaciones, los cuales conforman siete apartados dentro del generador, el cual funciona como tipo *wizard*, es decir, un asistente, que permite al usuario indicarle en qué sección se encuentra y qué es lo que está configurando.

1. **Áreas STEAM:** Sección en donde se presentan las cinco áreas STEAM, para que el usuario tenga la opción de elegir una o varias áreas de interés.
2. **Habilidades STEAM:** Sección que muestra las áreas STEAM seleccionadas anteriormente, pero con una lista de habilidades por cada área que se deseen fortalecer, de igual manera, se permite seleccionar más de una habilidad por área.
3. **Actividades STEAM:** Sección que presenta las actividades recomendadas, con base en las habilidades seleccionadas con anterioridad.
4. **Tecnologías de RA:** Antes de pasar a esta sección, se muestra una pregunta en donde nos realiza la interrogante de si deseamos integrar RA a nuestra actividad, en caso de que la respuesta sea que sí, continuamos con esta sección, de lo contrario, se salta a la siguiente sección. En esta sección se configuran las acciones en donde se muestra la RA, el tipo de contenido de RA que se desea integrar y la selección de la biblioteca de RA.
5. **Plataforma:** Sección para decidir la plataforma en que se desea exportar la aplicación STEAM, también se permite seleccionar más de una opción.
6. **Configuración de la App:** Formulario que solicita datos generales del usuario, como el autor, nombre de la aplicación, versión, fecha, icono de la aplicación y una breve descripción de esta. Después se muestra una visualización previa de la actividad configurada para probar su funcionalidad.
7. **Resumen:** Ventana que presenta un resumen de las configuraciones aplicadas anteriormente y contiene un botón para generar el empaquetado .ZIP de la aplicación STEAM con realidad aumentada.

A continuación, se presentan las interfaces del prototipo de la plataforma de generación de aplicaciones de realidad aumentada bajo el enfoque STEAM, denominada AR-GenSTEAM.

**Diseño de la interfaz de selección de áreas STEAM.** La primera fase del proceso de generación de actividades consiste en la selección de las áreas STEAM que se implementaron como base para la configuración de la aplicación con Realidad Aumentada (RA). Esta etapa cumple una función clave, ya que permite personalizar la experiencia de aprendizaje de acuerdo con los intereses y objetivos del usuario. En el menú lateral izquierdo se muestran de forma permanente las distintas secciones que componen el flujo completo de generación de la aplicación, lo que facilita al usuario una visión global y estructurada del proceso. De manera complementaria, en la parte superior de la interfaz se ubica una barra de progreso tipo *wizard*, que señala visualmente en qué paso se encuentra actualmente el usuario, reforzando la noción de avance y continuidad durante la configuración. Como se observa en la figura 3.3, la interfaz presenta de manera ordenada las cinco disciplinas que integran el enfoque STEAM, cada área aparece representada mediante un bloque visual con ícono y descripción breve, permitiendo al usuario seleccionar una o varias de forma combinada, según sus preferencias.

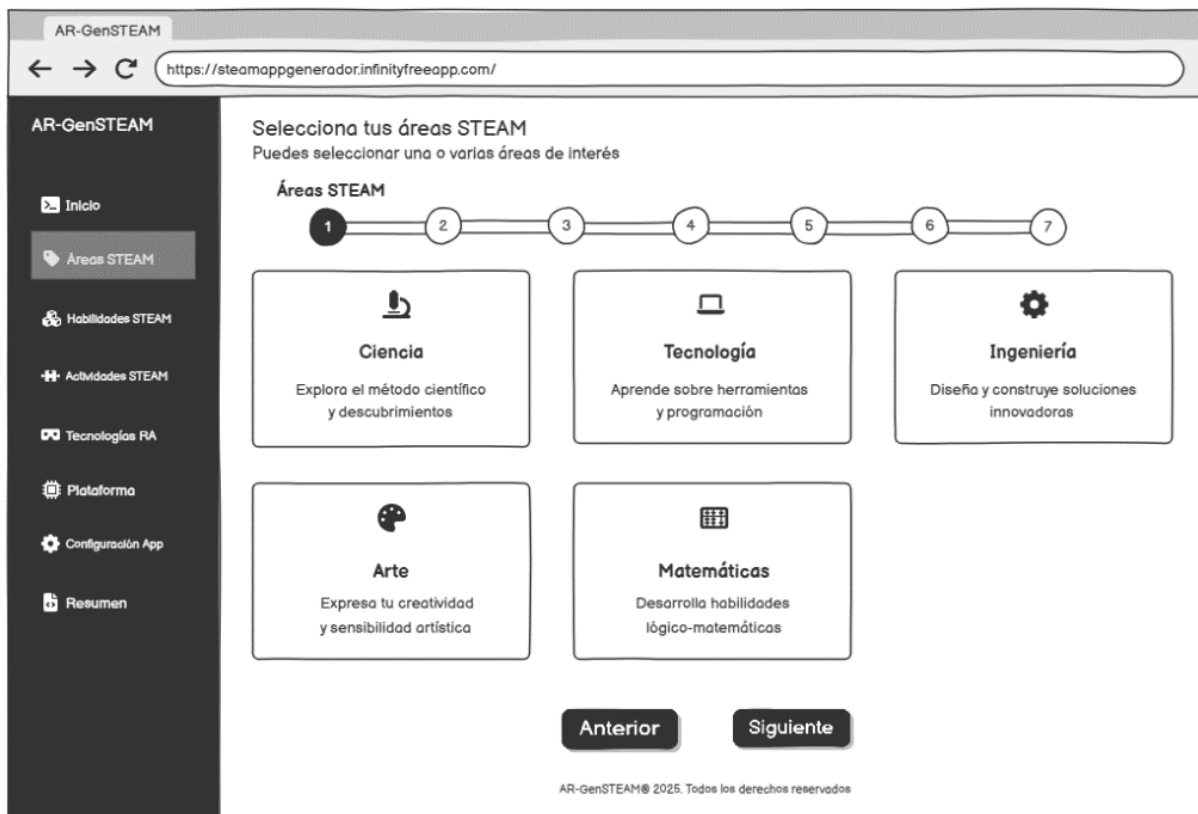


**Figura 3. 3** *Diseño de la interfaz de selección de áreas STEAM*

**Diseño de la interfaz de selección de habilidades STEAM.** El segundo paso en el proceso de generación es identificar las habilidades que se deseen fortalecer por cada una de las áreas STEAM que se seleccionaron en la fase anterior. El usuario tiene la opción de elegir más de una habilidad por cada área (Figura 3.4).

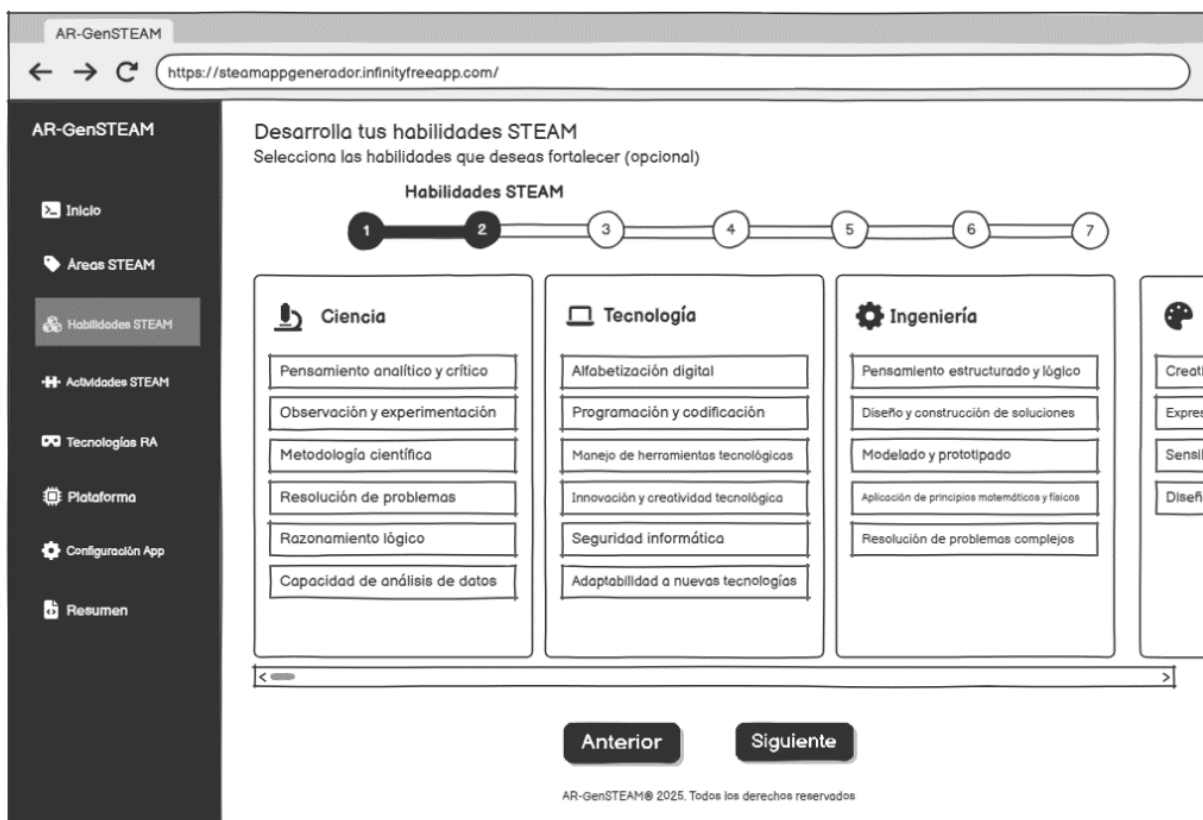


**Figura 3. 4** *Diseño de la interfaz de selección de habilidades STEAM*

**Diseño de la interfaz de selección de actividades STEAM.** Como se muestra en la Figura 3.5, el tercer paso del proceso de generación es determinar la actividad STEAM que el usuario decida generar, cabe destacar, que solo se permite elegir una actividad para comenzar con la configuración y las actividades recomendadas que se muestran en esta sección, es con base en las habilidades identificadas en la fase anterior.

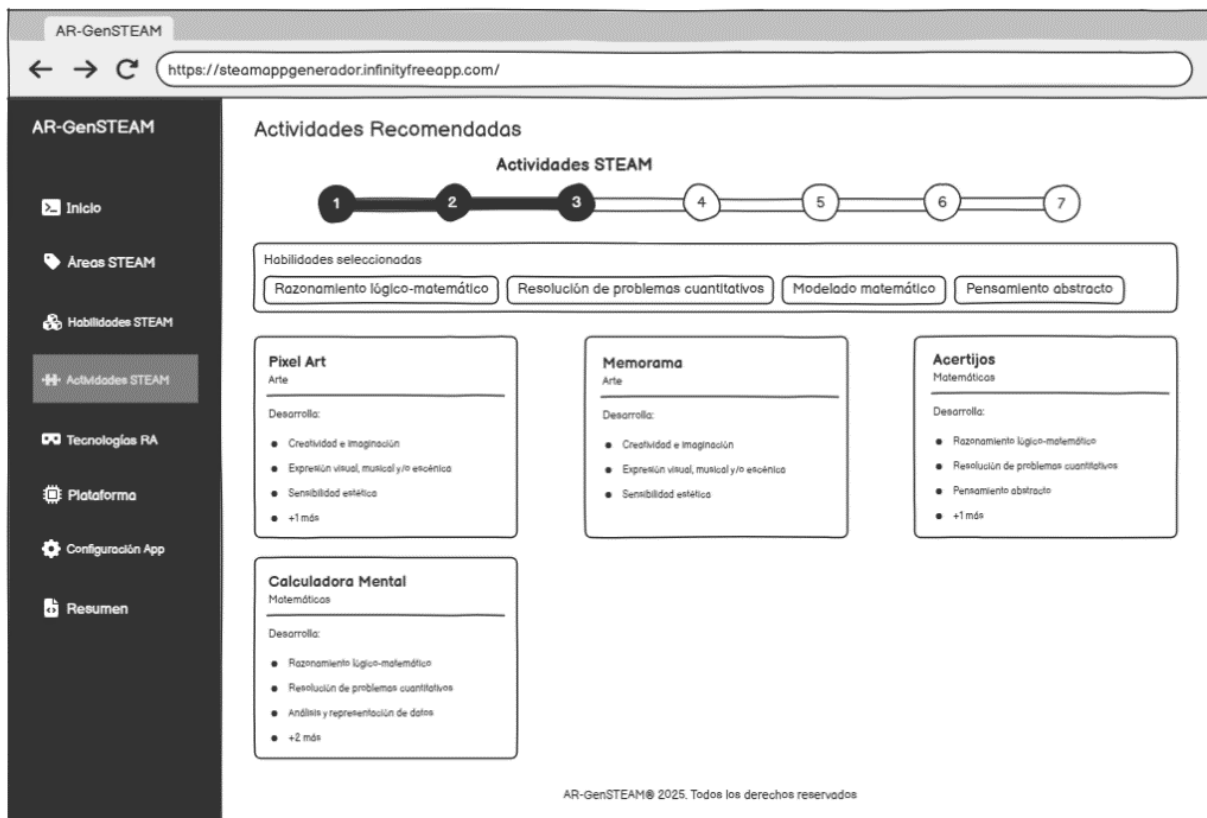


**Figura 3. 5** *Diseño de la interfaz de selección de actividades STEAM*

**Diseño de la interfaz de bifurcación sobre la integración de RA.** En esta etapa del proceso de generación de actividades STEAM, se incorpora una interfaz de tipo bifurcación decisional que determina el flujo a seguir según la elección del usuario. Como se observa en la Figura 3.6, antes de avanzar con la configuración de los elementos de Realidad Aumentada (RA), el sistema despliega una ventana emergente que plantea de manera directa la pregunta: “¿Deseas integrar RA a tu actividad?”. En caso de seleccionar “Sí”, el usuario continúa con el flujo de pasos destinados a configurar los componentes y tipos de contenido que conforman la experiencia de RA. Por el contrario, si elige “No”, el sistema lo redirige automáticamente hacia la sección de Plataforma, omitiendo las etapas relacionadas con RA.

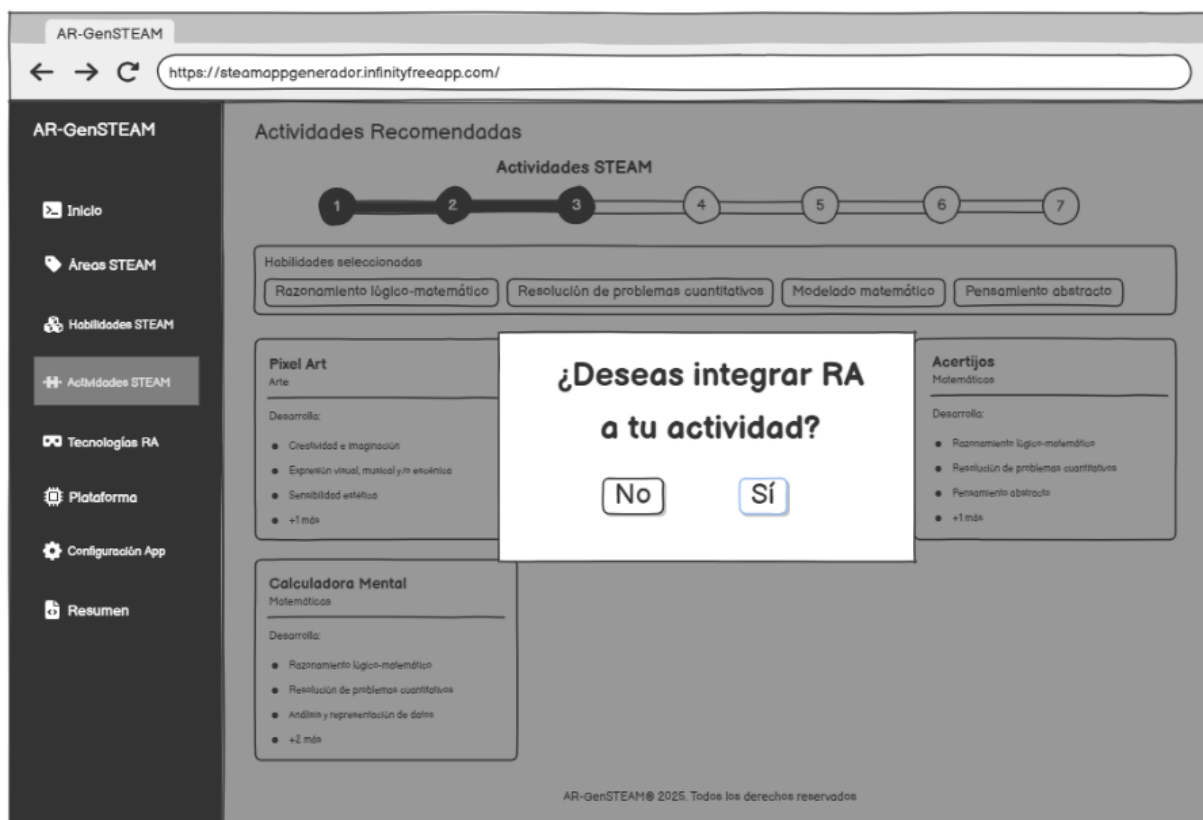


**Figura 3. 6** *Diseño de la interfaz de bifurcación sobre la integración de RA*

**Diseño de la interfaz de selección de acciones aplicables de RA.** En la Figura 3.7 se muestra la primera parte de la configuración de las tecnologías RA, para ello, el usuario selecciona las acciones aplicables en donde se muestra la realidad aumentada, como opciones se tienen la bienvenida o inicio de la actividad, en las instrucciones o en la evaluación de los resultados, es decir, si la solución fue correcta o incorrecta. Además, el generador permite que el usuario seleccione más de una opción.



**Figura 3. 7** *Diseño de la interfaz de selección de acciones aplicables de RA*

**Diseño de la interfaz de selección de tipos de contenido con RA.** La siguiente parte en la configuración de las tecnologías RA, es el tipo de contenido aumentado que el usuario decida integrar a su actividad STEAM, en la Figura 3.8 se presenta de manera clara y ordenada tres opciones principales de contenido: texto, imagen y audio, El contenido en texto permite explicar conceptos, brindar contexto y detallar información relevante; la opción de imagen facilita ilustrar ideas, ejemplos y procesos de forma visual; mientras que el audio está orientado a reforzar el aprendizaje a través de experiencias sonoras. Además, la interfaz permite seleccionar una o varias de estas modalidades de contenido de manera combinada, lo que brinda flexibilidad para diseñar experiencias de aprendizaje más completas.

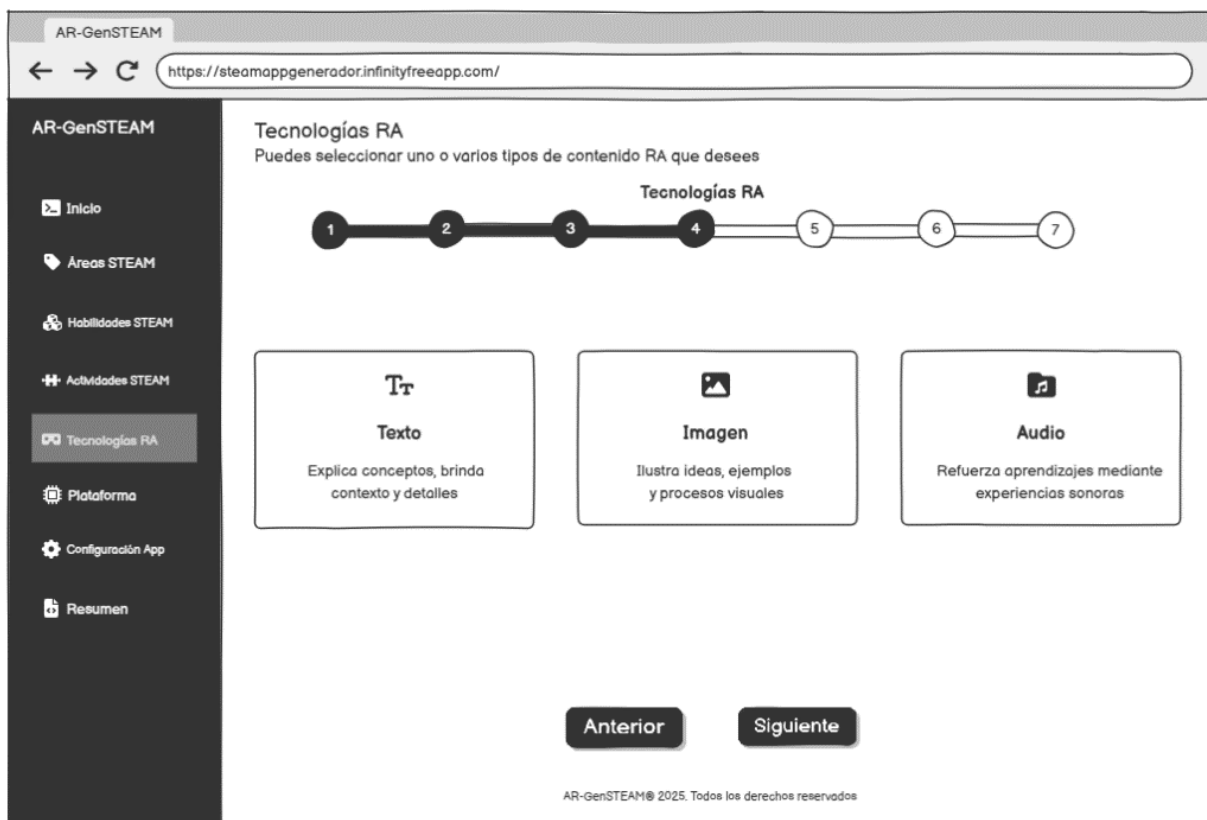


**Figura 3. 8** *Diseño de la interfaz de selección de tipos de contenido con RA*

**Diseño de la interfaz de selección de biblioteca de RA.** En la última configuración con respecto a la sección de tecnologías RA, el usuario selecciona la biblioteca de RA que mejor se adapte al tipo de contenido que eligió en el paso anterior, las opciones disponibles son AR.js y Three.js. El público al cual va dirigida la plataforma es a docentes de educación básica sin experiencia en este tipo de tecnología, es por ello que, cada opción de las bibliotecas tiene un *tooltip* o información emergente sobre las ventajas y desventajas de cada tecnología de realidad aumentada. (Figura 3.9).

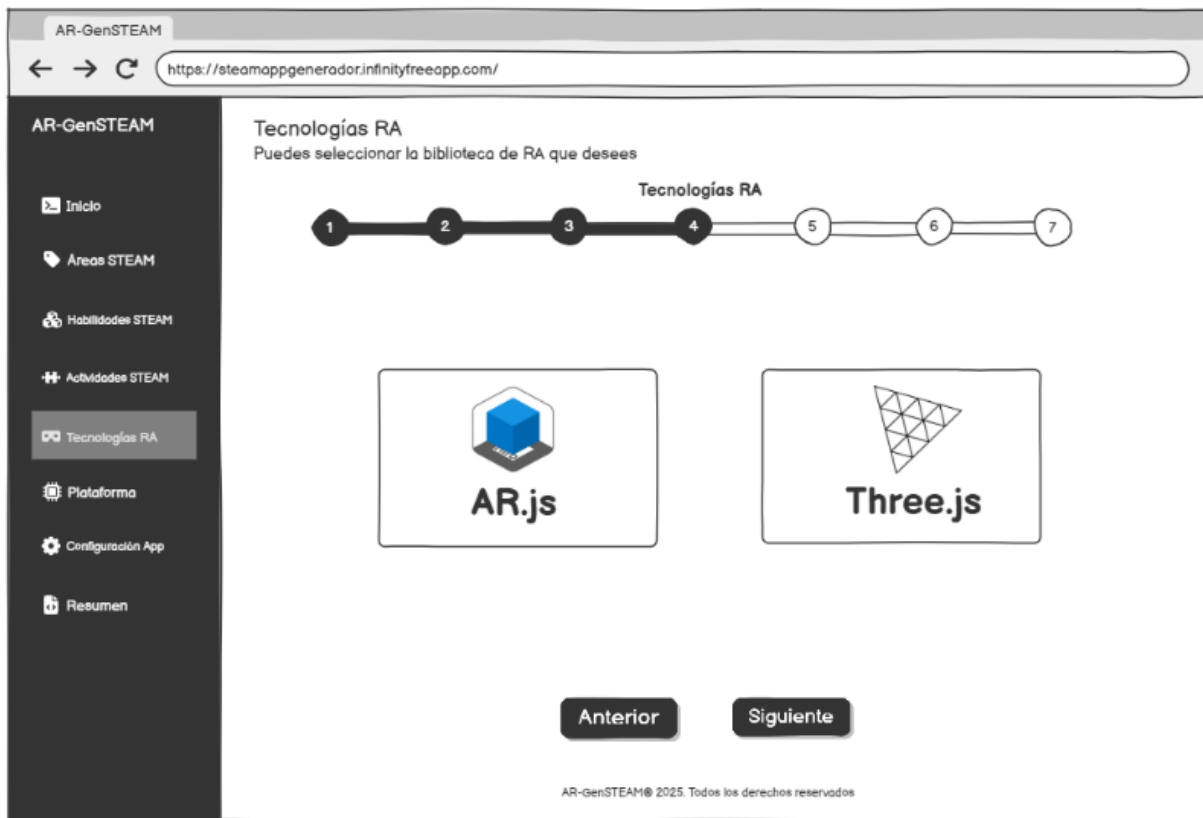


**Figura 3. 9** *Diseño de la interfaz de selección de biblioteca de RA*

**Diseño de la interfaz de selección de plataforma.** Continuando con el proceso de generación, en la Figura 3.10 se observa la interfaz en donde el usuario selecciona el tipo de plataforma en la que desea exportar la aplicación STEAM, con la opción de elegir diferentes plataformas.



**Figura 3. 10** *Diseño de la interfaz de selección de plataforma*

**Diseño de la interfaz de formulario de configuración de app.** De acuerdo con la Figura 3.11, en la parte final del proceso de generación, se muestra un formulario, en el cual se le solicita al usuario datos generales, como el nombre del autor, nombre de la aplicación, versión, fecha, icono de la app y una breve descripción. Esta información es importante completarla, ya que es parte de la identidad de la aplicación generada.

AR-GenSTEAM

https://steamappgenerator.infinityfreeapp.com/

AR-GenSTEAM

- Inicio
- Áreas STEAM
- Habilidades STEAM
- Actividades STEAM
- Tecnologías RA
- Plataforma
- Configuración App**
- Resumen

### Configuración de la App

Llene el siguiente formulario para completar la configuración de la app

Configuración App

1 2 3 4 5 6 7

Autor:  Nombre de la App:  Versión:  Fecha:

Descripción:

Icono de la App:

AR-GenSTEAM® 2025. Todos los derechos reservados

**Figura 3. 11** *Diseño de la interfaz de formulario de configuración de app*

**Diseño de la interfaz de visualización previa de la actividad.** Continuando en la sección de Configuración App, en la Figura 3.12, se presenta una visualización previa de la actividad que seleccionó configurar. También se le permite al usuario validar la funcionalidad de la actividad, revisar que los datos que introdujo en el paso anterior se muestren de manera correcta dentro de la actividad. Este diseño busca ofrecer una experiencia intuitiva y clara, asegurando que el usuario previsualice y ajuste la configuración de manera eficiente antes de proceder con la generación de la actividad.

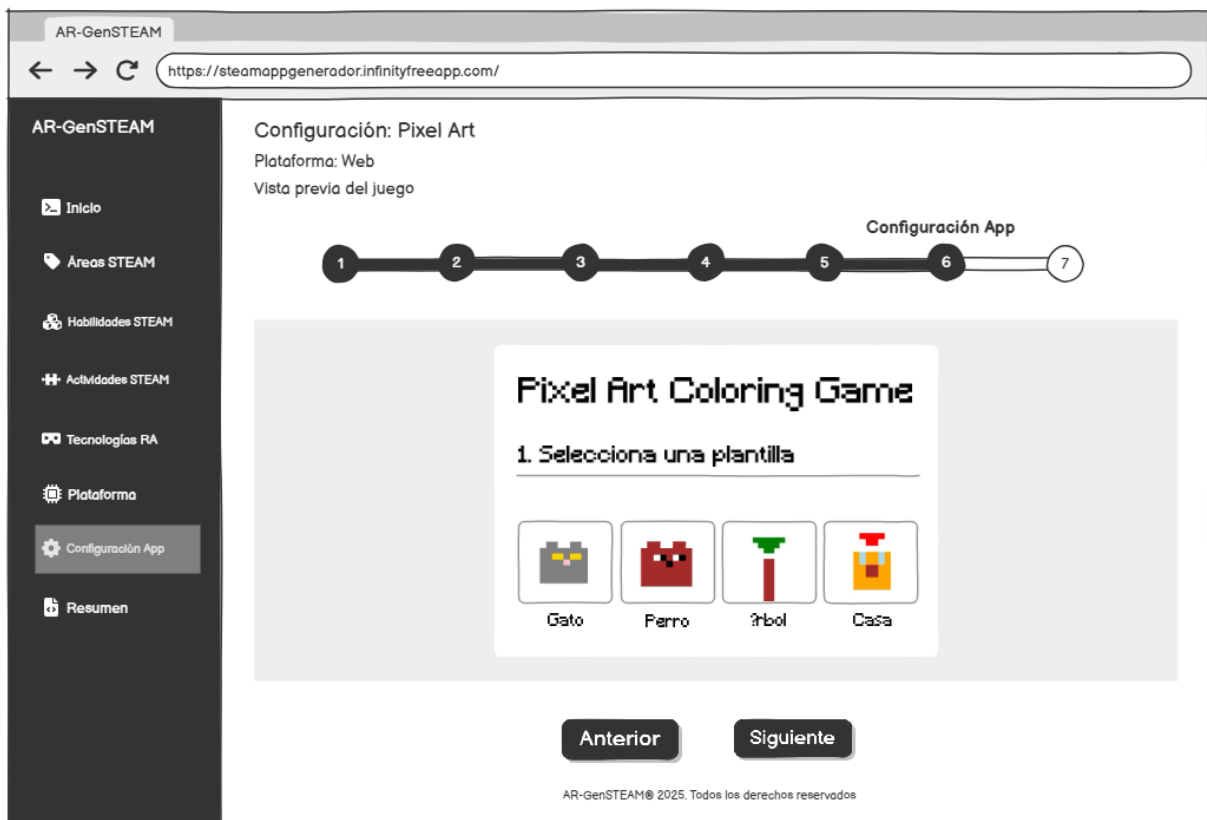


**Figura 3. 12** *Diseño de la interfaz de visualización previa de la actividad*

**Diseño de la interfaz de resumen de configuración aplicada.** Por último, en la Figura 3.13, se muestra un resumen con las diferentes configuraciones aplicadas por el usuario y se encuentra un botón de Generar, para comenzar con la descarga del empaquetado .ZIP con la aplicación STEAM.

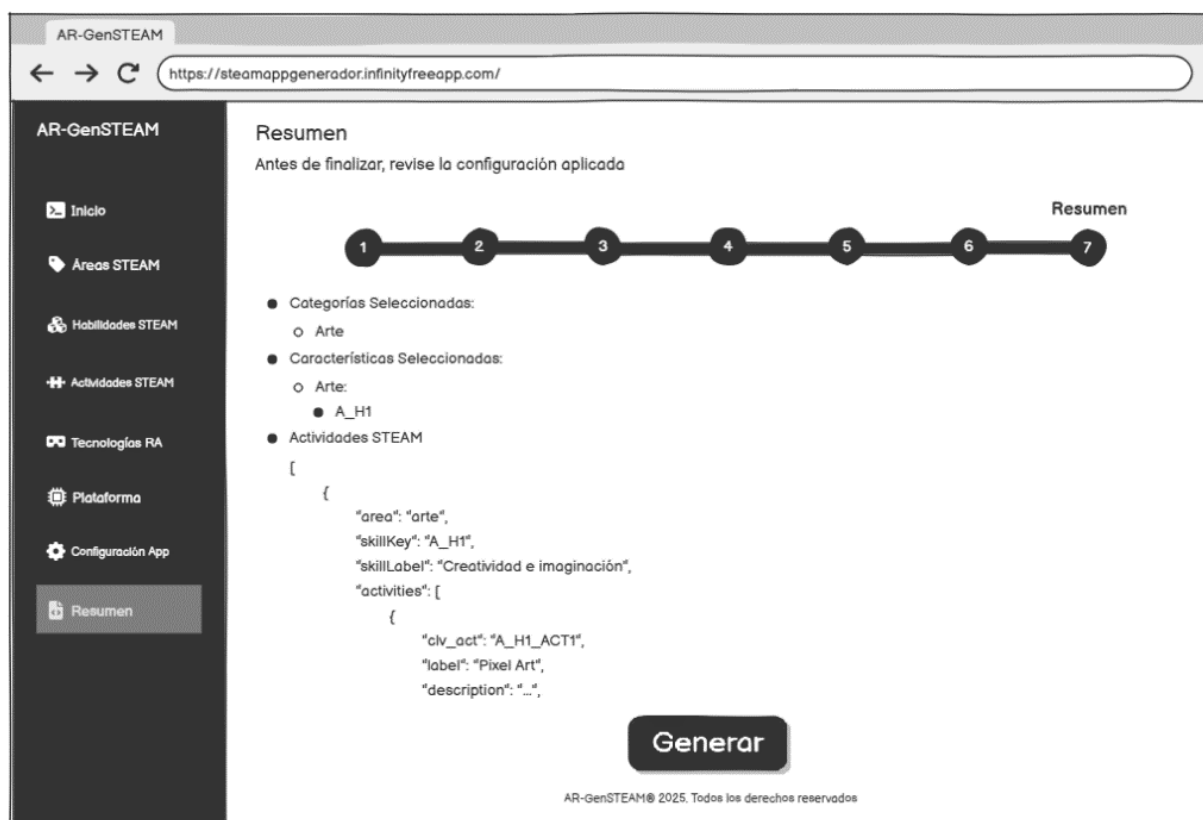


**Figura 3. 13** *Diseño de la interfaz de resumen de configuración aplicada*

Una vez definidas las interfaces gráficas que conforman la experiencia de usuario del generador AR-GenSTEAM, resulta fundamental establecer la lógica operativa que sustenta el funcionamiento del sistema. Si bien las interfaces proporcionan la estructura visual y de navegación que guía al usuario a través de las diferentes etapas de configuración, es necesario definir el proceso de generación de actividades educativas, el cual constituye el núcleo funcional de la plataforma, ya que determina cómo se articulan las decisiones del usuario en cada paso del wizard para transformarse en una aplicación STEAM funcional con elementos de realidad aumentada. Por tanto, a continuación, se describe detalladamente el proceso de generación de actividades STEAM, el cual establece la secuencia lógica, las validaciones y las transformaciones de datos que permiten materializar las configuraciones del usuario en productos educativos digitales coherentes y pedagógicamente fundamentados.

### 3.3.2 Proceso de generación de actividades STEAM

Con el propósito de resolver el problema identificado en esta investigación de tesis y alcanzar las metas propuestas, se presenta a continuación el proceso de generación de actividades con realidad aumentada, bajo el enfoque STEAM. Como se visualiza en la Figura 3.14, el proceso está conformado por tres etapas, que se detallan a continuación:

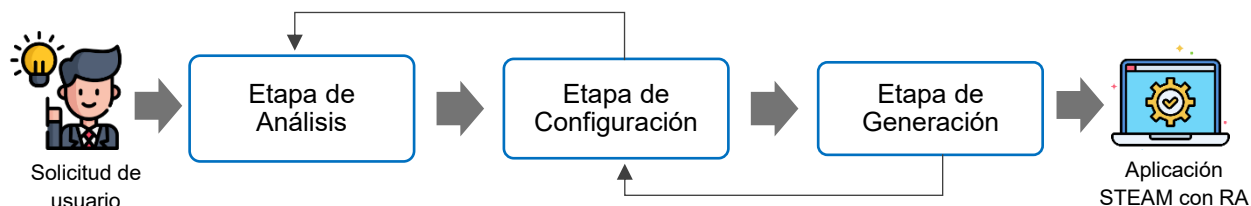


**Figura 3. 14** Proceso de generación de actividades con RA bajo el enfoque STEAM

#### Etapa de análisis

La primera etapa analiza el proceso de selección de área, habilidades y actividades STEAM con el fin de configurar actividades con realidad aumentada de acuerdo con los intereses y necesidades del usuario. El generador proporciona listas predefinidas que guían la elección, validando cada paso antes de avanzar, lo cual garantiza coherencia y pertinencia en la actividad configurada.

Como se observa en la Figura 3.15, el proceso inicia mostrando las áreas STEAM disponibles, posteriormente permite la selección y validación de dichas áreas para después desplegar habilidades relacionadas. Una vez elegidas y validadas las habilidades, se presentan las actividades STEAM aplicables que se configuran en función de los criterios establecidos. Finalmente, el usuario selecciona una actividad, la cual es validada por el sistema, concluyendo con la configuración de esta para su implementación con realidad aumentada.

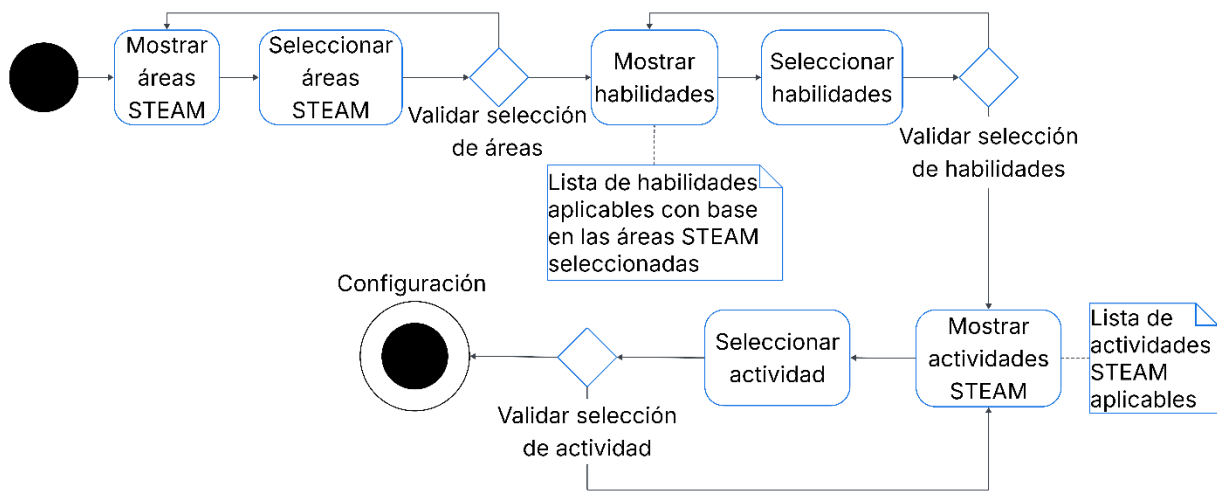


**Figura 3. 15** Etapa de análisis para el proceso de generación de actividades STEAM

1. **Mostrar áreas STEAM.** El sistema despliega la lista de áreas STEAM aplicables, con base en un repositorio previamente definido.
2. **Seleccionar áreas STEAM.** El usuario elige las áreas STEAM en las que desea trabajar dentro de la aplicación a generar.
3. **Validar selección de áreas.** Se valida que las áreas elegidas sean correctas. Si la selección es válida, se continúa con la visualización de habilidades. En caso contrario, el sistema permanece en la actividad de selección hasta que la elección sea correcta.
4. **Mostrar habilidades.** El sistema presenta la lista de habilidades relacionadas con las áreas STEAM previamente seleccionadas.
5. **Seleccionar habilidades.** El usuario define las habilidades que desea reforzar o aplicar en el proceso de generación.
6. **Validar selección de habilidades.** Se valida que las habilidades seleccionadas sean adecuadas. Si son válidas, se avanza a la visualización de actividades STEAM. En caso contrario, se retorna a la selección de habilidades.
7. **Mostrar actividades STEAM.** Se despliega un conjunto de actividades STEAM aplicables con base en las habilidades elegidas.
8. **Seleccionar actividad.** El usuario escoge la actividad que desea implementar.

9. **Validar selección de actividad.** El sistema valida que la actividad seleccionada cumpla con los criterios de configuración.

Si es válida, se avanza hacia la configuración final.

En caso contrario, se regresa al punto de selección de actividades.

### **Etapas de configuración**

En esta segunda etapa, se lleva a cabo la configuración de la actividad seleccionada con el fin de integrar características de realidad aumentada (RA). El proceso se orienta a definir en qué acciones se muestra la RA, qué tipo de contenido se emplea, la biblioteca que permita la integración y, finalmente, la plataforma de exportación. Todo esto se valida paso a paso para asegurar que la actividad quede correctamente configurada y lista para su generación.

En la Figura 3.16, se visualiza que la etapa comienza con la decisión de integrar RA en la actividad. En caso afirmativo, se despliegan las acciones disponibles y se permite seleccionar aquellas en donde se muestra la RA. Posteriormente, se define el tipo de contenido de RA a utilizar, se elige la biblioteca correspondiente y se selecciona la plataforma de exportación. Una vez validadas estas elecciones, se solicita información adicional mediante un formulario y se muestra un resumen final de la configuración antes de proceder a la generación de la actividad.

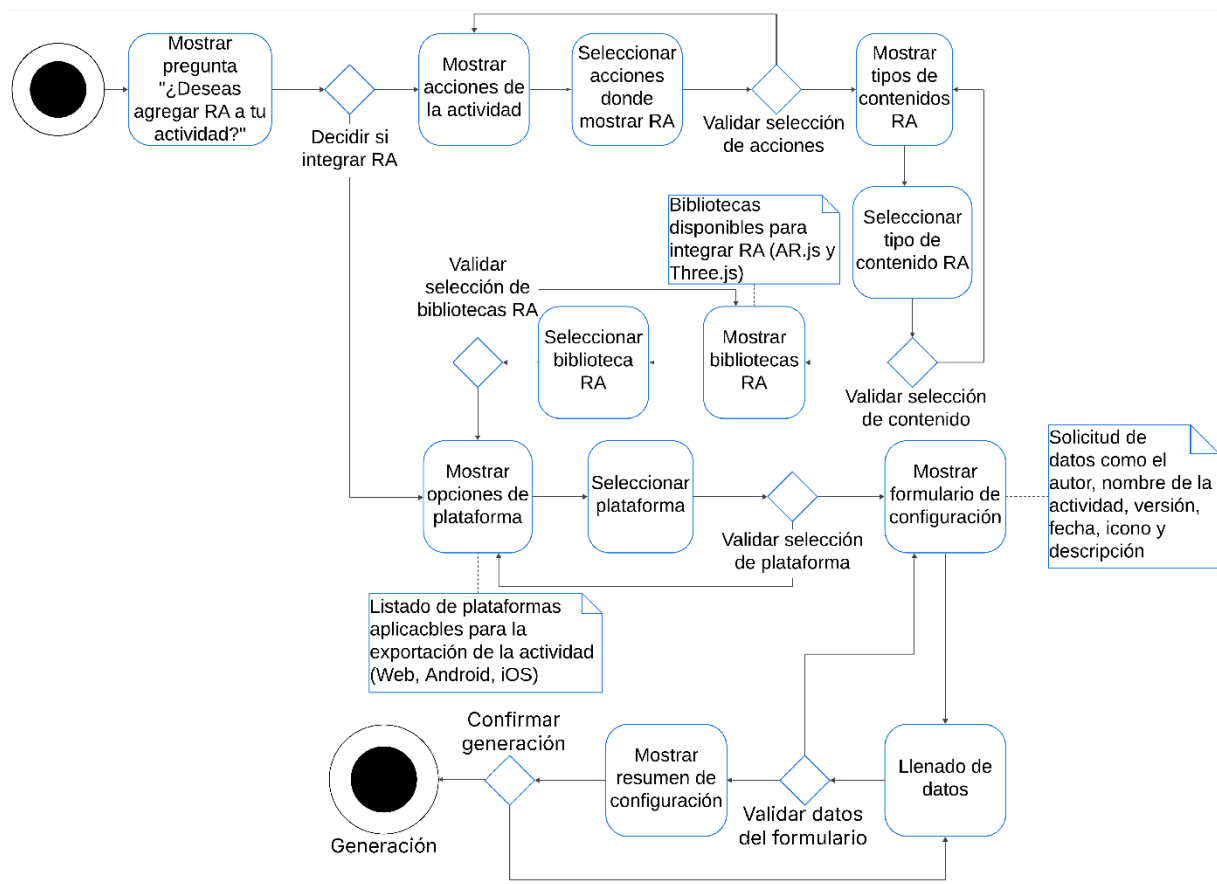


**Figura 3. 16** Etapa de configuración en el proceso de generación de actividades STEAM

1. **Mostrar pregunta “¿Deseas agregar RA a tu actividad?”.** El sistema plantea al usuario la decisión de integrar o no RA.
2. **Decidir si integrar RA.** Se determina si el usuario desea continuar con la integración de RA.  
Si la respuesta es negativa: se omite la configuración de RA y se pasa directamente a la sección de Plataforma.  
Si es afirmativa: se continúa con el proceso de configuración.
3. **Mostrar acciones de la actividad.** El sistema despliega las acciones disponibles en las que se integra la RA.
4. **Seleccionar acciones donde mostrar RA.** El usuario elige las acciones en las que desea incluir contenido RA.

5. **Validar selección de acciones.** El sistema comprueba que las acciones elegidas sean válidas.
6. **Mostrar tipos de contenido RA.** Se presentan las opciones de contenido RA aplicables.
7. **Seleccionar tipo de contenido RA.** El usuario selecciona el tipo de contenido que desea integrar.
8. **Validar selección de contenido.** Se valida que la elección del contenido RA sea correcta.
9. **Mostrar bibliotecas RA.** El sistema despliega las bibliotecas disponibles (por ejemplo, AR.js y Three.js).
10. **Seleccionar biblioteca RA.** El usuario selecciona la biblioteca de RA que emplea.
11. **Validar selección de biblioteca RA.** El sistema comprueba que la biblioteca seleccionada sea adecuada.
12. **Mostrar opciones de plataforma.** Se presentan las plataformas disponibles para exportar la aplicación STEAM (Web, Android, iOS).
13. **Seleccionar plataforma.** El usuario escoge la plataforma de exportación.
14. **Validar selección de plataforma.** Se valida que la plataforma seleccionada sea aplicable.
15. **Mostrar formulario de configuración.** El sistema despliega un formulario solicitando datos como autor, nombre de la actividad, versión, fecha, ícono y descripción.
16. **Llenado de datos.** El usuario completa el formulario con la información requerida.
17. **Validar datos del formulario.** Se valida que la información registrada sea correcta y que todos los datos solicitados en el formulario estén completos.
18. **Mostrar resumen de configuración.** El sistema presenta un resumen de la configuración realizada para revisión final.
19. **Confirmar configuración.** El usuario confirma la configuración definida.

Si el usuario acepta la configuración: continua con el proceso de generación y se registra la configuración aplicada.

En caso contrario, si el usuario confirma la configuración: tiene la opción de regresar a modificar los apartados necesarios antes de concluir.

### **Etapas de generación**

La última etapa, realiza la construcción final de la actividad STEAM previamente configurada, con el objetivo de obtener un archivo comprimido que el usuario descargue y utilice en la plataforma correspondiente. El proceso inicia con la creación de las carpetas y archivos base de la actividad, continúa con la modificación de dichos archivos conforme a los parámetros definidos en la configuración y concluye con la generación de un archivo comprimido en formato ZIP, que se ofrece al usuario para su descarga.

Como se muestra en la Figura 3.17, esta fase se centra en transformar la configuración en un producto final exportable. De esta manera, la actividad queda lista para que se ejecute en el entorno seleccionado (Web, Android, iOS), cumpliendo con los criterios establecidos en las etapas anteriores.

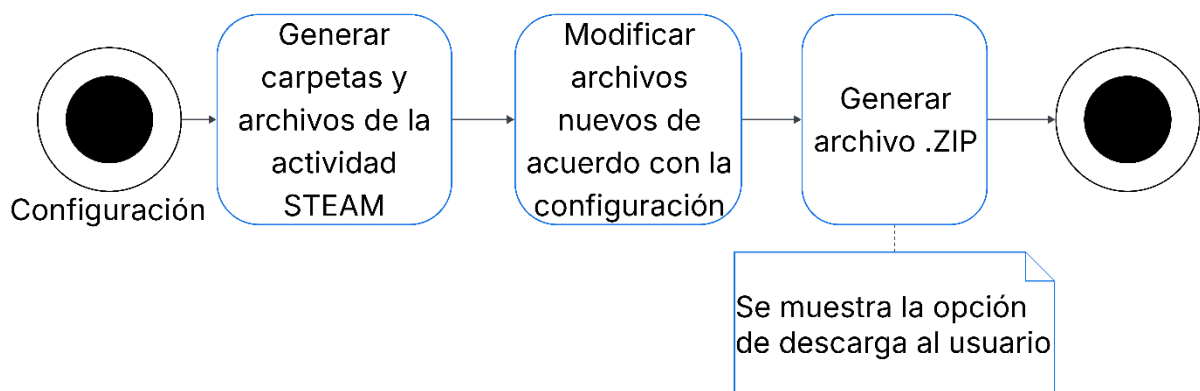


**Figura 3. 17** Etapa de generación en el proceso del generador de actividades STEAM

1. **Generar carpetas y archivos de la actividad STEAM.** El sistema crea la estructura de carpetas y archivos necesarios para la actividad, estableciendo la base del proyecto.

2. **Modificar archivos nuevos de acuerdo con la configuración.** Una vez creada la estructura inicial, el sistema ajusta los archivos incorporando los elementos definidos durante la etapa de configuración (acciones, habilidades, contenido RA, bibliotecas y plataforma).
3. **Generar archivo .ZIP.** Se empaqueta la actividad completa en un archivo comprimido en formato ZIP, el cual concentra todos los recursos de la actividad STEAM configurada.

### **3.3.3 Definición de la arquitectura de generación**

La arquitectura representada en la Figura 3.18 está compuesta por cuatro capas interconectadas que estructuran de manera modular y escalable el proceso de generación automatizada de aplicaciones educativas de realidad aumentada, orientadas al enfoque pedagógico STEAM. La arquitectura se organiza en capas bien definidas: presentación, integración, servicios y datos, cada una con responsabilidades específicas que permiten desacoplar funcionalidades y facilitar tanto la mantenibilidad del sistema como su evolución tecnológica. A través de la interacción coordinada entre estas capas, se posibilita la configuración dinámica de actividades educativas, el acceso a contenidos enriquecidos mediante interfaces de programación de aplicaciones (API), así como la exportación eficiente de los recursos generados.

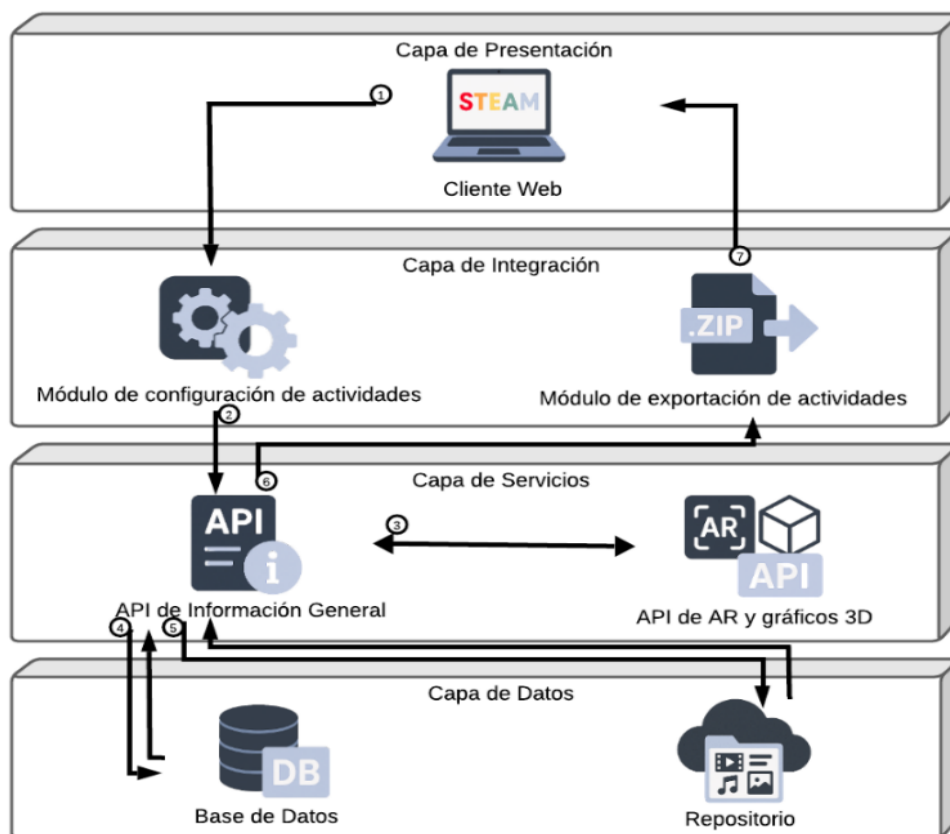


**Figura 3. 18** Arquitectura para la generación de actividades STEAM

A continuación, se describe cada una de las capas de la arquitectura para la generación de aplicaciones STEAM:

**Capa de Presentación:** Interfaz web desarrollada con Angular donde educadores y desarrolladores configuran categorías STEAM, seleccionan actividades y personalizan parámetros para generar aplicaciones de realidad aumentada.

**Capa de Integración:** Actúa como intermediaria entre la interfaz y los servicios del sistema mediante dos módulos principales especializados. El Módulo de Configuración de Actividades recibe y procesa las solicitudes provenientes de la interfaz Angular, validando los parámetros seleccionados (categorías STEAM, niveles educativos, tipos de interactividad), verificando la compatibilidad entre componentes y transformando las configuraciones en estructuras de datos comprensibles para la capa de servicios,

asegurando la coherencia pedagógica de las actividades. Por su parte, el Módulo de Exportación de Actividades gestiona el empaquetado y la distribución de las aplicaciones generadas, recopilando todos los recursos necesarios (archivos HTML, JavaScript, bibliotecas AR.js y Three.js, contenido multimedia), organizándolos en estructuras de directorios apropiadas y comprimiéndolos en archivos ZIP con documentación e instrucciones de instalación para facilitar su implementación en diferentes entornos educativos.

**Capa de Servicios:** Contiene la lógica de negocio a través de una API de Información General que procesa las solicitudes y coordina la generación de aplicaciones. Integra las tecnologías AR.js y Three.js con contenido educativo, aplica el enfoque STEAM y coordina la creación de experiencias inmersivas personalizadas según los objetivos educativos establecidos. La API de Información General gestiona las reglas de negocio y orquesta el flujo de generación, mientras que la API de AR y gráficos 3D utiliza AR.js para implementar funcionalidades de realidad aumentada basadas en navegador web con reconocimiento de marcadores, y Three.js como motor de renderizado 3D para crear objetos interactivos y efectos visuales.

**Capa de Datos:** Gestiona la persistencia de información mediante una base de datos MySQL y un repositorio de recursos. La base de datos almacena configuraciones, parámetros de actividades y metadatos del sistema, mientras el repositorio contiene recursos multimedia, plantillas y contenidos educativos necesarios para la generación de aplicaciones. El repositorio funciona como un almacén centralizado que incluye modelos 3D, texturas, marcadores AR, archivos multimedia y plantillas STEAM, permitiendo el acceso eficiente a contenidos reutilizables para personalizar experiencias educativas en diferentes dispositivos y plataformas.

A continuación, se describe el flujo del sistema: El proceso inicia cuando el usuario configura las categorías STEAM y parámetros educativos a través de la interfaz web Angular (1), la cual envía la solicitud a la Capa de Integración (2) donde el Módulo de Configuración de Actividades valida y procesa los parámetros seleccionados (3). Posteriormente, la solicitud se dirige a la Capa de Servicios (4) donde la API de

Información General coordina la lógica de negocio y se comunica con la API de AR y gráficos 3D para integrar las tecnologías AR.js y Three.js (5). El sistema consulta la Capa de Datos para obtener recursos multimedia, plantillas y configuraciones almacenadas en la base de datos MySQL y el repositorio (6), y finalmente retorna a la Capa de Integración donde el Módulo de Exportación de Actividades empaqueta todos los componentes generados en un archivo ZIP listo para implementar (7), completando así la generación de la aplicación educativa de realidad aumentada basada en el enfoque STEAM.

### **3.4 Fase de Desarrollo**

En esta fase de la metodología se emplean los diseños desarrollados en la etapa anterior para construir los componentes y conexiones que conforman la arquitectura de generación, además, se definen las funcionalidades que ofrece el generador de actividades con realidad aumentada, basadas en el enfoque STEAM.

#### **3.4.1 AR-GenSTEAM: un generador de actividades con realidad aumentada bajo el enfoque STEAM**

AR-GenSTEAM es un generador de actividades lúdicas STEAM con características de realidad aumentada que potencia la interacción entre el estudiante y los contenidos educativos. Además, el uso de experiencias inmersivas estimula la curiosidad, incrementa la motivación y promueve la participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, se explican las diferentes etapas que conforman el proceso de generación de una actividad lúdica STEAM con realidad aumentada en AR-GenSTEAM.

**Paso 1: Selección de áreas STEAM.** AR-GenSTEAM permite al usuario seleccionar una o varias áreas de interés que sirven como base para la generación de actividades STEAM con realidad aumentada. Las áreas disponibles corresponden a los ejes fundamentales del enfoque STEAM: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas. El objetivo principal del paso 1 (Figura 3.19) es que el usuario determine

las disciplinas que desea abordar en su actividad, lo que permite personalizar la experiencia de aprendizaje en función de intereses individuales o metas educativas específicas.

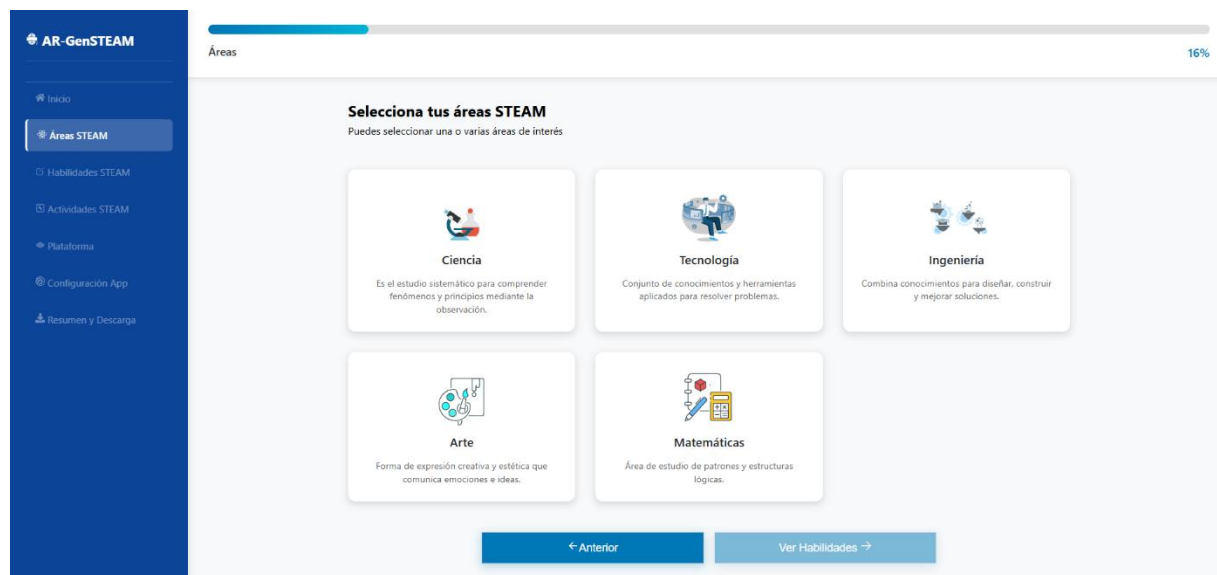


**Figura 3. 19 Selección de áreas STEAM**

**Paso 2: Selección de habilidades STEAM.** Con base en la selección previa de las áreas STEAM, como siguiente paso, AR-GenSTEAM despliega de manera organizada una lista de habilidades específicas asociadas a cada una de las áreas elegidas. Esta funcionalidad permite que el usuario no solo identifique las competencias vinculadas con cada disciplina, sino que también seleccione, dentro de cada área, una o varias habilidades que desee fortalecer mediante la generación de la aplicación. De esta forma, el proceso se vuelve más personalizado y alineado con los objetivos formativos planteados, asegurando que el recurso generado responda directamente a las necesidades educativas detectadas. En la Figura 3.20 se visualizan las opciones correspondientes a las áreas de tecnología, ingeniería y matemáticas, mostrando cómo el sistema presenta las habilidades disponibles para su selección y configuración.

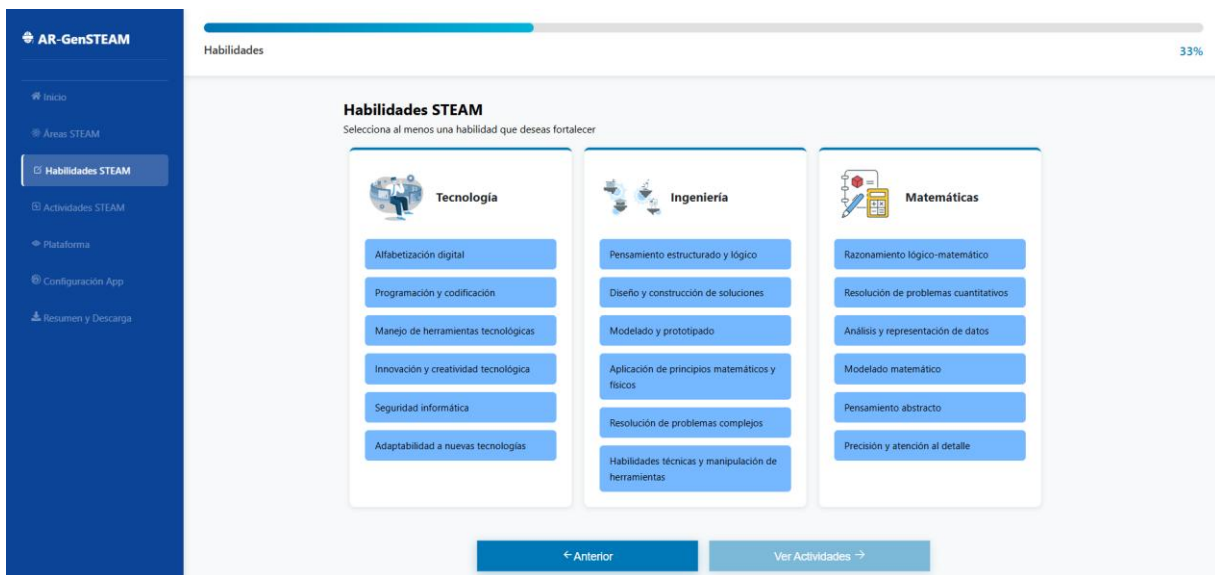


**Figura 3. 20 Selección de habilidades STEAM**

**Paso 3: Selección de actividades STEAM.** En esta sección, AR-GenSTEAM presenta al usuario un conjunto de actividades disponibles, generadas en función de las áreas y habilidades STEAM previamente seleccionadas. Este filtrado previo garantiza que las propuestas mostradas mantengan coherencia pedagógica con los objetivos definidos, evitando opciones que no estén alineadas con las competencias a desarrollar. Cada actividad está asociada a una disciplina específica y cuenta con un listado de competencias que busca fortalecer, como el razonamiento lógico-matemático, la alfabetización digital, el análisis e interpretación de datos, el modelado o el prototipado. Además, cada propuesta integra un enfoque práctico y contextualizado que favorece el aprendizaje activo mediante la interacción en entornos de realidad aumentada. El usuario tiene la opción de seleccionar la actividad STEAM que más se ajuste a sus intereses o necesidades educativas, ya que esta decisión determina el tipo de experiencia lúdica en realidad aumentada que se genera en los siguientes pasos (Figura 3.21), influyendo tanto en la dinámica del juego como en los recursos y retos que se incorporan en la aplicación final.



**Figura 3. 21** Selección de actividades STEAM

**Paso 4: Decisión de integrar la RA a la actividad STEAM.** Como parte del proceso de configuración de la experiencia, AR-GenSTEAM incorpora una etapa clave relacionada con la incorporación de realidad aumentada (RA) dentro de la actividad seleccionada. En la Figura 3.22 se muestra que AR-GenSTEAM plantea al usuario la interrogante: “¿Desea añadir RA a la actividad?”, con el propósito de que defina el nivel de integración tecnológica que tendrá la aplicación generada. Esta decisión no es únicamente técnica, sino también pedagógica, ya que la inclusión de RA implica enriquecer la actividad con elementos virtuales interactivos que se superponen al entorno, potenciando la visualización, la manipulación de objetos digitales y la inmersión del estudiante en el contenido.

AR-GenSTEAM proporciona dos opciones de biblioteca de realidad aumentada para integrar contenido aumentado a las actividades lúdicas STEAM, como se muestra en la Figura 3.22, las bibliotecas de RA disponibles son AR.js y Three.js; ambas ofrecen herramientas para crear escenarios interactivos que incorporan imágenes, texto y audio dentro de entornos tridimensionales. Mientras AR.js está orientada a facilitar la implementación de experiencias de realidad aumentada basadas en la web, Three.js

se especializa en el modelado y la animación de objetos 3D, lo que permite enriquecer visualmente las actividades.

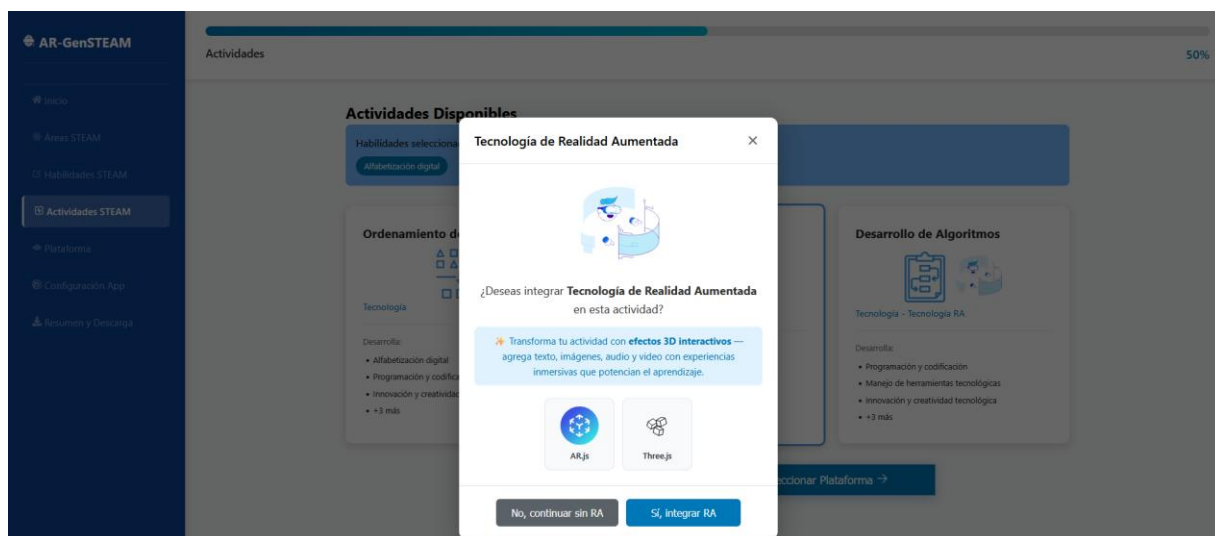


*Figura 3. 22 Decisión de integrar la RA a la actividad STEAM*

**Paso 5: Selección de las acciones aplicables de RA.** Este paso se contempla únicamente en caso de que el usuario haya decidido integrar realidad aumentada a la actividad STEAM, y constituye un momento fundamental dentro del proceso de configuración. En esta etapa se establecen las bases para definir cómo y en qué momentos específicos se incorporan los elementos aumentados dentro de la experiencia educativa. Con base en la actividad previamente seleccionada, AR-GenSTEAM identifica las acciones de RA que resultan pedagógica y técnicamente viables, asegurando coherencia entre los objetivos de aprendizaje y la interacción aumentada.

Posteriormente, se presentan al usuario distintas opciones sobre los momentos en los que se aplica la RA, tales como en la sección de bienvenida, durante las instrucciones o en la evaluación de resultados, tal como se observa en la Figura 3.23. Esta selección permite personalizar la experiencia, ya que el usuario decide si la realidad aumentada funciona como elemento introductorio, como apoyo explicativo durante el desarrollo de la actividad o como recurso visual e interactivo para reforzar la retroalimentación final.

De este modo, la integración de RA no se limita a un único punto, sino que se adapta estratégicamente a las necesidades didácticas de la actividad generada.



**Figura 3. 23** Selección de las acciones aplicables de RA

**Paso 6: Agregar contenido de realidad aumentada.** Como siguiente paso dentro de la configuración de la realidad aumentada, AR-GenSTEAM permite incorporar el tipo de contenido aumentado que se integra en las acciones previamente seleccionadas por el usuario (Figura 3.24). En esta etapa se concreta la forma en que la información se presenta dentro de la experiencia aumentada, definiendo los recursos digitales que enriquecen la interacción y fortalecen el proceso de aprendizaje.

AR-GenSTEAM ofrece tres opciones principales de contenido: texto, imagen y audio. Cada una de estas alternativas cumple una función específica en la dinámica educativa, ya que el contenido en texto se utiliza para mostrar instrucciones, conceptos clave o retroalimentación; las imágenes permiten representar elementos visuales explicativos, diagramas o ilustraciones relacionados con la actividad; y el audio facilita la incorporación de narraciones, indicaciones o explicaciones complementarias. De esta manera, el usuario selecciona el tipo de contenido que mejor se adapte a los objetivos pedagógicos de la actividad STEAM, asegurando que la integración de la realidad aumentada no solo sea tecnológica, sino también didáctica y significativa.



**Figura 3. 24** Agregar contenido de realidad aumentada

**Paso 7: Selección de la plataforma a generar.** En este paso, el usuario elige la plataforma para la cual desea generar la actividad lúdica con realidad aumentada e incluso configurar más de un tipo de plataforma según sus necesidades de implementación y el contexto educativo donde se aplique la actividad. Las opciones disponibles incluyen Web, Android o iOS (Figura 3.25), lo que permite adaptar la aplicación a distintos entornos tecnológicos. Esta selección resulta fundamental, ya que define el entorno de ejecución de la aplicación, ya sea a través de navegadores web accesibles desde computadoras o dispositivos móviles, o mediante aplicaciones instalables en smartphones y tabletas. De esta manera, AR-GenSTEAM brinda flexibilidad y escalabilidad, facilitando que las actividades se utilicen en diversos escenarios educativos, considerando tanto la disponibilidad de dispositivos como los requerimientos técnicos de cada institución o usuario.

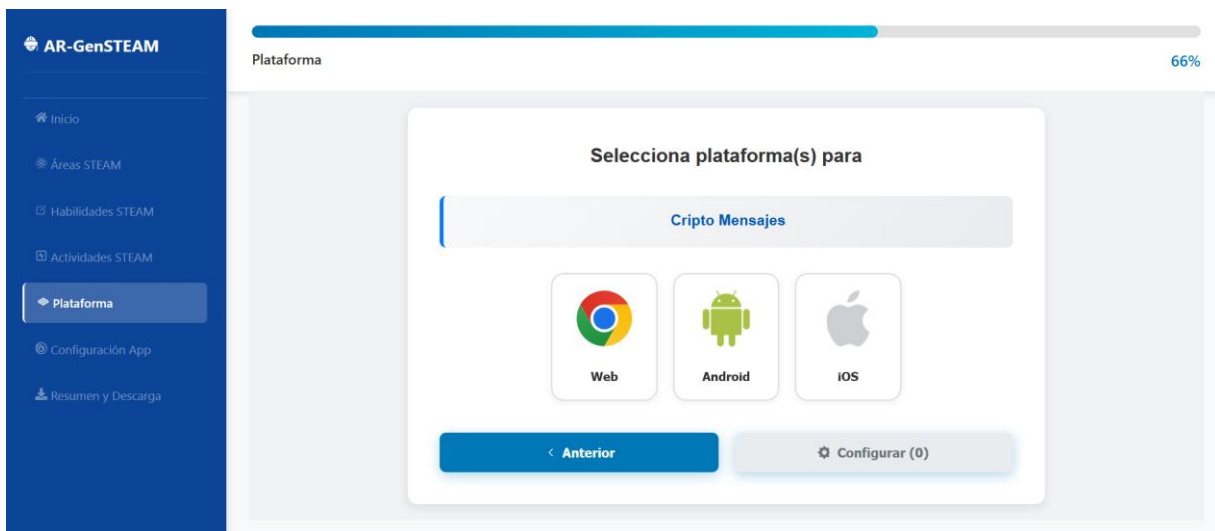


**Figura 3. 25** Selección de la plataforma a generar

**Paso 9: Agregar información de la aplicación.** En esta etapa, el usuario proporciona los datos básicos de configuración de la aplicación que se genera, específicamente para la plataforma seleccionada previamente. Esta información corresponde a los metadatos fundamentales del proyecto, los cuales permiten identificar, organizar y diferenciar la aplicación dentro del entorno de desarrollo y posterior implementación. Los campos requeridos son: el nombre del archivo o aplicación, la versión del proyecto y la descripción, elementos que en conjunto conforman la identidad formal del recurso educativo con características de realidad aumentada.

El nombre del archivo o aplicación permite distinguir el proyecto dentro de AR-GenSTEAM y facilita su localización en procesos de almacenamiento o distribución. La versión del proyecto resulta relevante para el control de cambios y actualizaciones, ya que posibilita llevar un seguimiento de mejoras, correcciones o ampliaciones realizadas en distintas etapas del desarrollo. Por su parte, la descripción ofrece un breve resumen del propósito y alcance de la actividad generada, lo que contribuye a contextualizar el recurso tanto para docentes como para estudiantes.

Los datos solicitados no solo cumplen una función informativa, sino que son esenciales para la gestión y trazabilidad del proyecto, ya que se almacenan en un archivo de configuración y se integran automáticamente en el proceso de generación de la

aplicación final (Figura 3.26). De esta manera, AR-GenSTEAM garantiza coherencia entre la información proporcionada por el usuario y el producto generado, asegurando que la aplicación cuente con una estructura organizada y debidamente documentada desde su creación.

The screenshot displays the AR-GenSTEAM application interface. On the left is a dark blue sidebar menu with the following items: 'Inicio', 'Áreas STEAM', 'Habilidades STEAM', 'Actividades STEAM', 'Plataforma' (highlighted with a white border), 'Configuración App', and 'Resumen y Descarga'. The main content area has a light gray background. At the top, there is a 'Cripto Mensajes' header. Below it, a status bar indicates '1 plataforma(s) seleccionada(s)'. Three platform icons are shown: 'Web' (Google Chrome logo), 'Android' (Android robot logo), and 'iOS' (Apple logo). The 'Web' icon is highlighted with a green checkmark. Below the platform selection is a 'Detalles del Juego' (Game Details) form. This form contains four input fields: 'Nombre del Juego' (with example text 'Ej: Nombre del Juego'), 'Nombre del Autor' (with example text 'Ej: Juan Pérez'), 'Versión del Juego' (with example text 'Ej: 1.0.0'), and 'Descripción del juego' (with placeholder text 'Añade una breve descripción sobre el objetivo del juego...').

**Figura 3. 26** Agregar información de la aplicación

**Paso 10: Vista previa del juego.** En este paso, se presenta al usuario una visión previa de la actividad lúdica STEAM, configurada previamente para la plataforma seleccionada (en este caso, Android). Esta visualización permite validar cómo se presenta el desafío al estudiante dentro del entorno de la aplicación (Figura 3.27), mostrando la estructura de la interfaz, la disposición de los elementos interactivos y, en su caso, la integración de los componentes de realidad aumentada. La vista previa cumple una función de verificación, ya que brinda la oportunidad de revisar que la actividad responda adecuadamente a las configuraciones realizadas en los pasos anteriores antes de proceder con la generación definitiva del recurso.



**Figura 3. 27 Vista previa del juego**

**Paso 11: Descarga de la aplicación STEAM.** Una vez finalizadas la configuración de las áreas STEAM, la selección de habilidades, la posible integración de realidad aumentada y la definición de la plataforma de destino, AR-GenSTEAM presenta una pantalla de resumen que concentra toda la información proporcionada por el usuario durante el proceso. Esta sección permite revisar de manera integral los parámetros establecidos, tales como las áreas y competencias seleccionadas, las acciones de RA configuradas, el tipo de contenido aumentado incorporado y los datos generales de la aplicación, con el fin de verificar que cada elemento corresponda a los objetivos educativos planteados.

Como se observa en la Figura 3.28, en la parte inferior de esta pantalla se encuentra el botón Generar, el cual activa el proceso automático de construcción del proyecto. Al seleccionarlo, AR-GenSTEAM inicia la compilación y preparación del archivo correspondiente a la aplicación STEAM, integrando todos los componentes configurados previamente. Este procedimiento culmina con la generación del recurso listo para su descarga e implementación en la plataforma elegida, permitiendo al

usuario disponer de una aplicación funcional que integra tanto el enfoque STEAM como, en su caso, las características de realidad aumentada definidas durante el proceso.

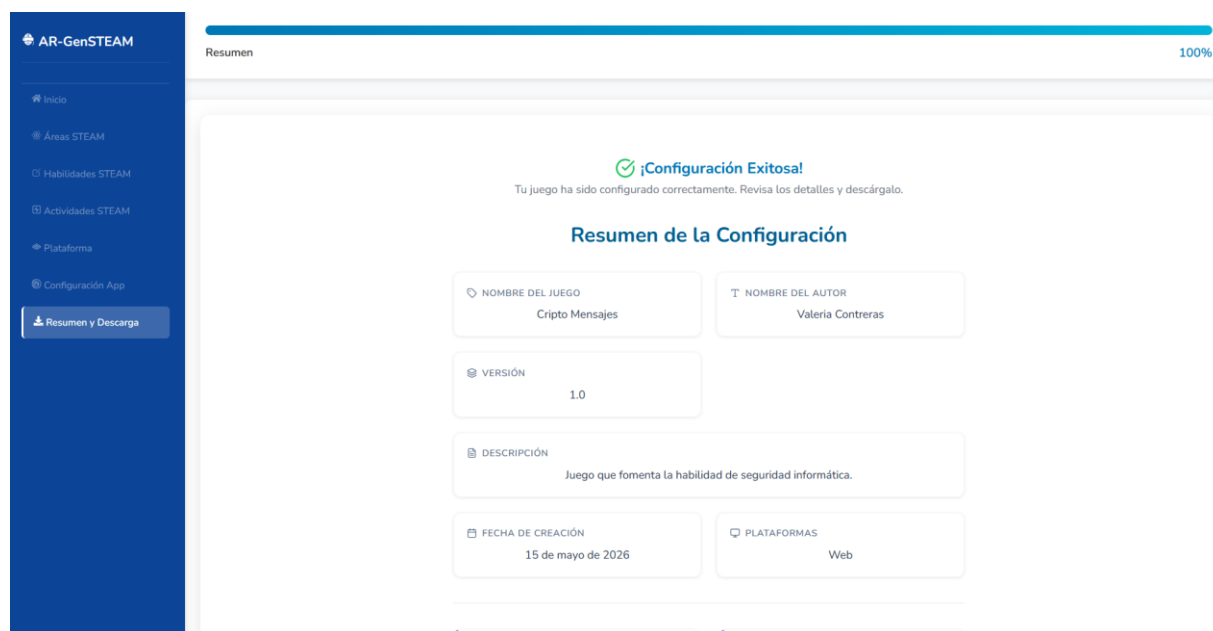


**Figura 3. 28** Descarga de la aplicación STEAM

#### **3.4.1.1 Actividad de Cálculo Mental**

La actividad de Cálculo Mental tiene como objetivo fomentar habilidades STEAM como el razonamiento lógico-matemático, el pensamiento abstracto, la creatividad tecnológica y la resolución de problemas cuantitativos para educación básica.

De acuerdo con la integración de realidad aumentada para la actividad, se definieron tres acciones aplicables dentro del juego, las cuales corresponden al inicio, a los aciertos y al final. Como resultado, AR-GenSTEAM genera una aplicación interactiva que presenta ejercicios matemáticos de forma dinámica, proporcionando retroalimentación inmediata al usuario y fomentando el aprendizaje activo mediante el enfoque STEAM.

En la Figura 3.29 se muestra la generación de la aplicación de Cálculo Mental con la combinación de dos tipos de contenido de realidad aumentada, se agregó un texto que dice “¿Listo para jugar?” y una imagen alusiva al juego, en la sección del inicio.

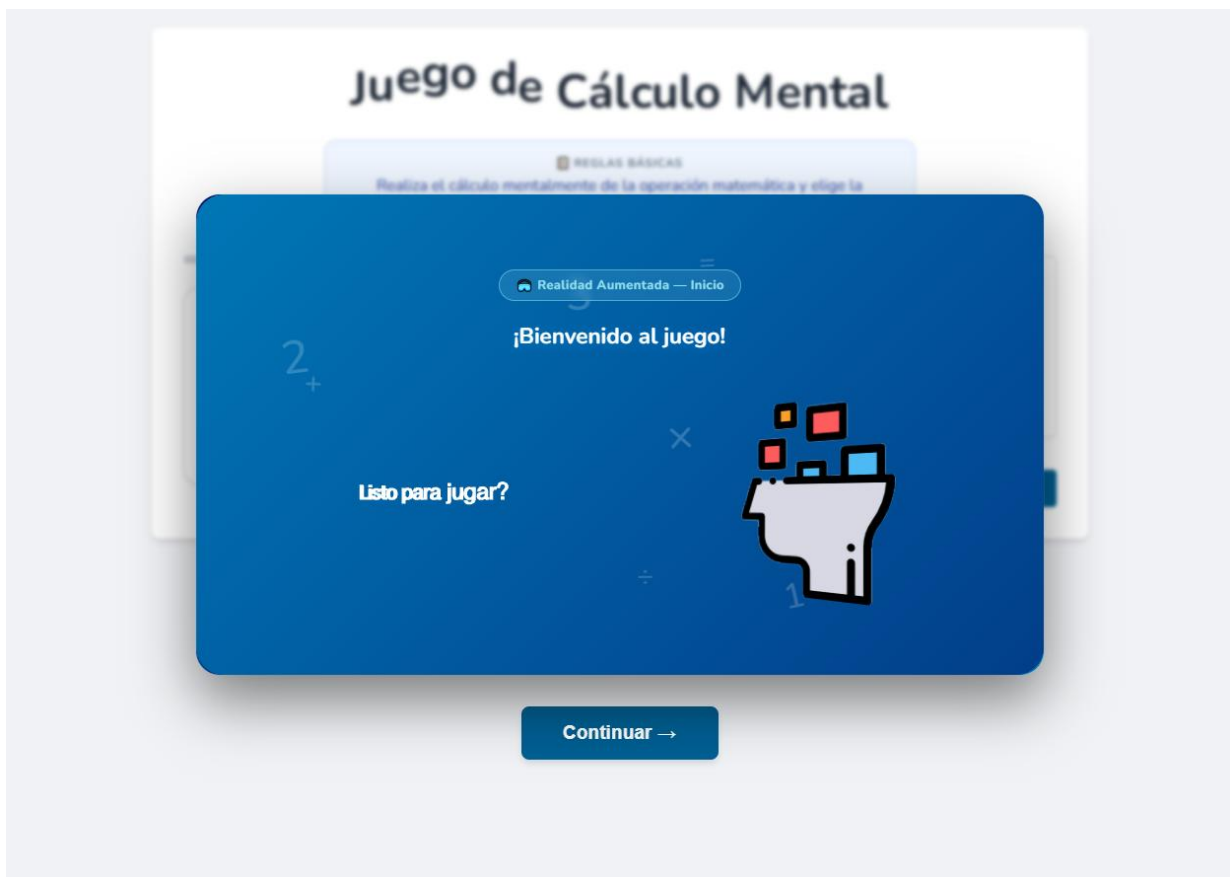


**Figura 3. 29** Aplicación de Cálculo Mental con RA

#### **3.4.1.2 Actividad de Programación por Bloques**

La actividad de Programación por Bloques tiene el propósito de crear desafíos orientados al desarrollo de la lógica de programación y codificación, la innovación tecnológica o la adaptabilidad a nuevas tecnologías.

Con respecto a la integración de realidad aumentada, en el caso de la actividad de Programación por Bloques se definió como acción aplicable el acierto, de manera que, cada vez que el usuario ejecuta correctamente una solución, la aplicación despliega el contenido aumentado previamente configurado en AR-GenSTEAM. La finalidad es reforzar la retroalimentación positiva, incrementar el nivel de interactividad de la aplicación y mantener la motivación del usuario durante el desarrollo de la actividad, aspectos fundamentales dentro de entornos de aprendizaje basados en el enfoque STEAM.

Como se observa en la Figura 3.30 la aplicación de Programación por Bloques que se generó integra contenido aumentado de tipo audio, para facilitar la identificación de esta interacción, se incorporó un ícono de nota musical que indica visualmente la activación del recurso sonoro. Adicionalmente, al completar correctamente la actividad, se habilita el uso de la cámara con el objetivo de capturar la reacción del usuario al terminar el reto.

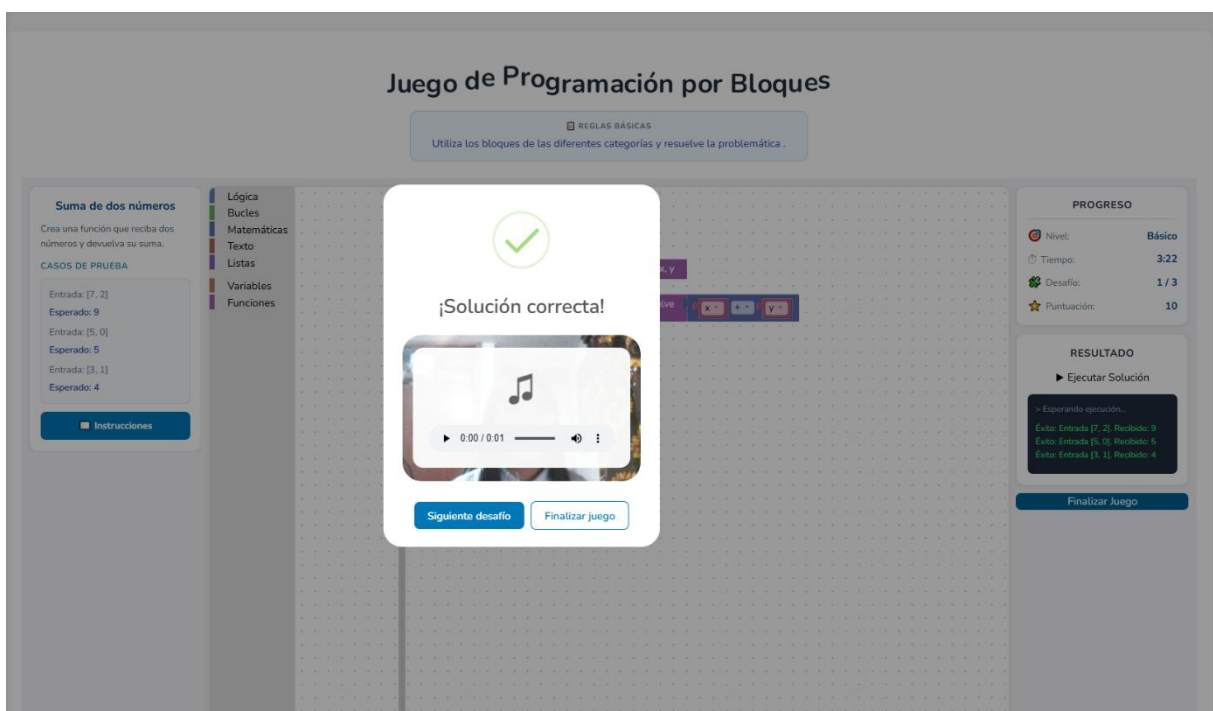


**Figura 3. 30** Aplicación de Programación por Bloques con RA

### 3.4.1.2 Actividad de Cripto Mensajes

La actividad de Cripto Mensajes tiene como objetivo fomentar la alfabetización digital, la seguridad informática, el pensamiento abstracto y conceptos de lógica para crear experiencias educativas que combinan múltiples áreas STEAM.

El resultado de la generación de la aplicación de Cripto Mensajes incluye la integración de contenido aumentado de tipo video, el cual se presenta en la etapa final de la actividad. La selección de este tipo de contenido responde a la necesidad de ofrecer un cierre visual y explicativo del proceso realizado por el usuario, para reforzar la

comprensión del concepto de encriptación. De igual manera, para esta actividad se definieron tres acciones aplicables dentro del generador: inicio, aciertos y final.

En la Figura 3.31 se visualiza que al concluir exitosamente la actividad se muestra el video configurado previamente en AR-GenSTEAM, evidenciando la correcta ejecución del flujo de la aplicación y la activación del contenido aumentado correspondiente a la etapa final.

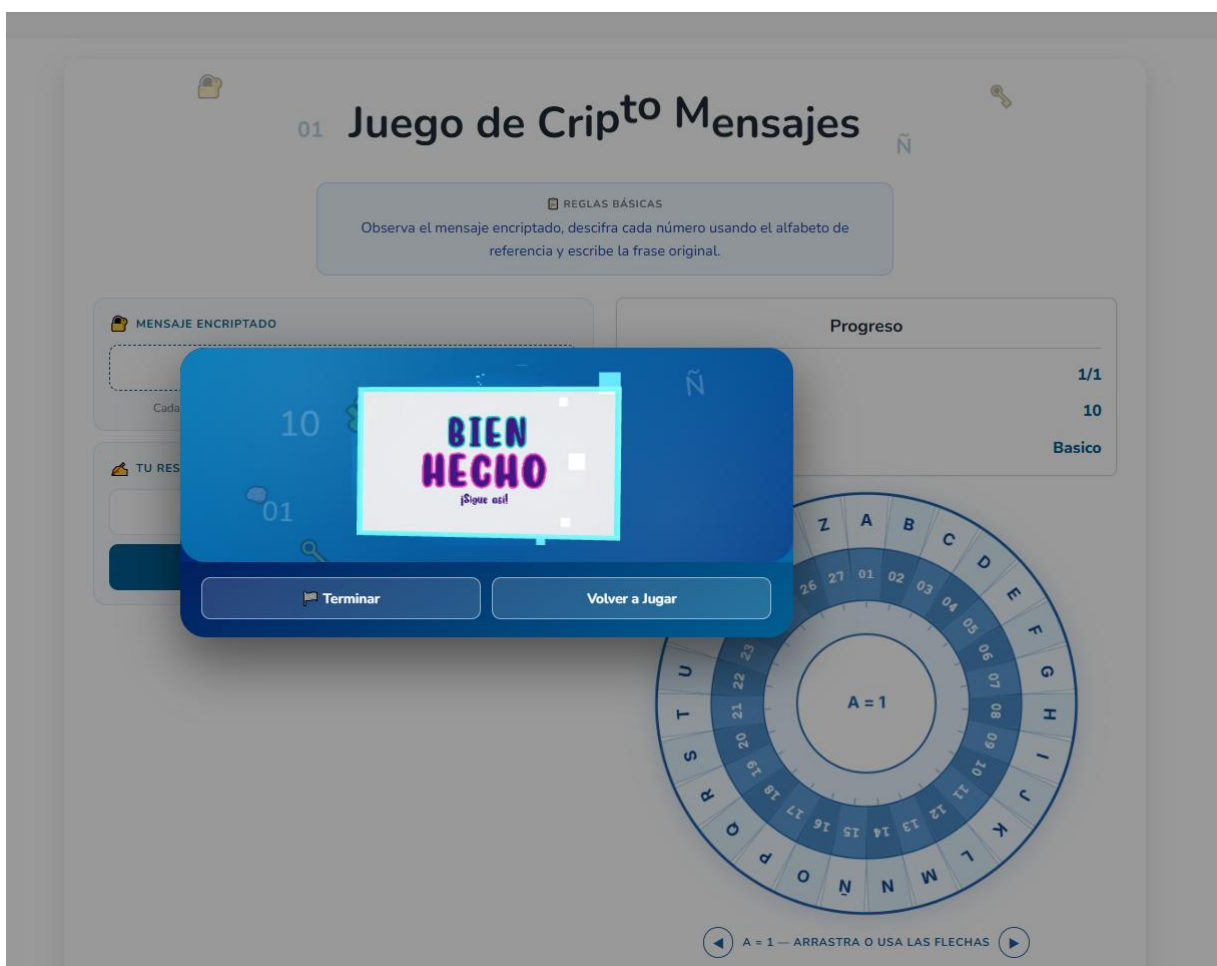


**Figura 3. 31** Aplicación de Cripto Mensajes con RA

## Capítulo 4. Resultados

En este capítulo se presentan los casos de estudio desarrollados como prueba de concepto del generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM. El propósito de estos casos es evaluar el funcionamiento del proceso de generación propuesto, así como demostrar la viabilidad técnica de AR-GenSTEAM en la creación de aplicaciones educativas interactivas.

### **4.1 Caso de Estudio: Proceso de generación de una aplicación web para mejorar las habilidades de innovación y creatividad tecnológica mediante la programación por bloques integrando realidad aumentada**

Como primer caso de estudio de AR-GenSTEAM, se presenta la actividad Programación por Bloques, cuyo propósito es desarrollar habilidades de programación, codificación, innovación y creatividad tecnológica dentro del enfoque STEAM.

El presente caso de estudio tiene como objetivo demostrar la correcta ejecución del proceso de generación cuando se integra contenido aumentado dentro de eventos específicos del flujo del juego. Particularmente, se busca evidenciar cómo la incorporación de elementos de realidad aumentada refuerza la retroalimentación positiva durante la resolución de retos, incrementando el nivel de motivación e interacción del usuario.

#### **4.1.2 Generación de la aplicación web con realidad aumentada**

Para la generación de una aplicación web integrando realidad aumentada, se identificaron acciones aplicables dentro del juego de Programación por Bloques, para que se añadan diferentes tipos de contenido aumentado.

**Primer paso:** Como parte del proceso de configuración inicial, como se muestra en la Figura 4.1, se selecciona el área STEAM correspondiente a la aplicación de Programación por Bloques. Esta decisión resulta fundamental, ya que define el enfoque disciplinar sobre el cual se estructura la actividad lúdica y orienta la selección posterior de habilidades y competencias. En este caso, la actividad se vincula

principalmente con el componente de Tecnología e Ingeniería, debido a su enfoque en el desarrollo del pensamiento computacional, la resolución de problemas mediante secuencias lógicas y la construcción algorítmica a través de bloques visuales. Asimismo, esta elección responde a la naturaleza de la programación por bloques como herramienta introductoria para comprender conceptos como secuenciación, estructuras de control y depuración, elementos que forman parte esencial de los fundamentos tecnológicos y de diseño ingenieril dentro del enfoque STEAM.

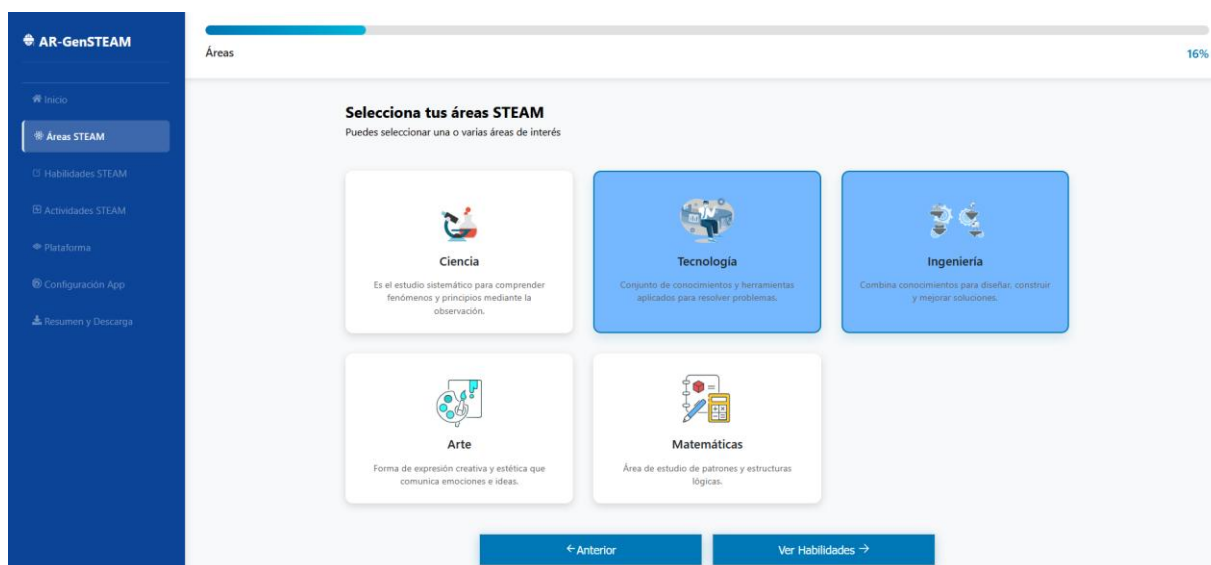


**Figura 4. 1 Selección de área STEAM**

**Segundo paso:** Posteriormente, la Figura 4.2 presenta la selección de las habilidades que la aplicación busca fortalecer, tales como: pensamiento lógico, resolución de problemas, innovación tecnológica y creatividad computacional. Esta selección no se realiza de manera aislada, sino en coherencia con el área STEAM previamente definida y con la naturaleza de la actividad de programación por bloques, asegurando que exista una alineación clara entre la dinámica del juego y las competencias a desarrollar. Cada una de estas habilidades cumple un papel específico dentro del proceso formativo: el pensamiento lógico favorece la estructuración ordenada de instrucciones, la resolución de problemas impulsa la búsqueda de soluciones eficientes ante distintos retos, la innovación tecnológica promueve la creación de propuestas

originales utilizando herramientas digitales, y la creatividad computacional estimula la construcción de algoritmos de manera flexible y significativa.

Esta etapa permite vincular pedagógicamente la actividad con los objetivos formativos del proyecto, ya que traduce el enfoque STEAM en competencias concretas que se trabajen durante la interacción del estudiante con la aplicación. Además, establece una base clara para la configuración posterior de la actividad, garantizando que el diseño del reto, las dinámicas propuestas y los posibles elementos de realidad aumentada estén orientados al fortalecimiento de dichas habilidades.

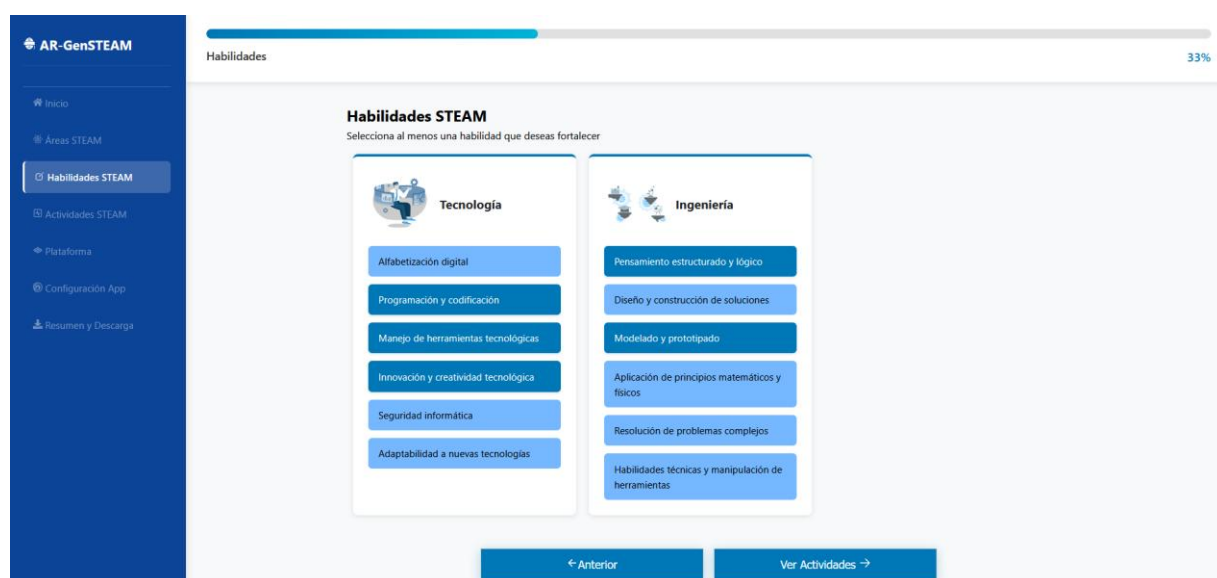


**Figura 4. 2** Habilidades STEAM

**Tercer paso:** La Figura 4.3 muestra que, se selecciona la actividad Programación por Bloques dentro del catálogo de juegos disponibles en AR-GenSTEAM. Esta elección se realiza con base en las áreas y habilidades previamente definidas, garantizando coherencia entre los objetivos formativos y la dinámica de la actividad. Al seleccionar esta opción, AR-GenSTEAM configura automáticamente la estructura base del juego, incluyendo la lógica de secuenciación mediante bloques y los retos asociados al pensamiento computacional. De esta manera, la actividad queda formalmente integrada al proceso de generación, permitiendo continuar con las siguientes etapas de personalización y configuración.

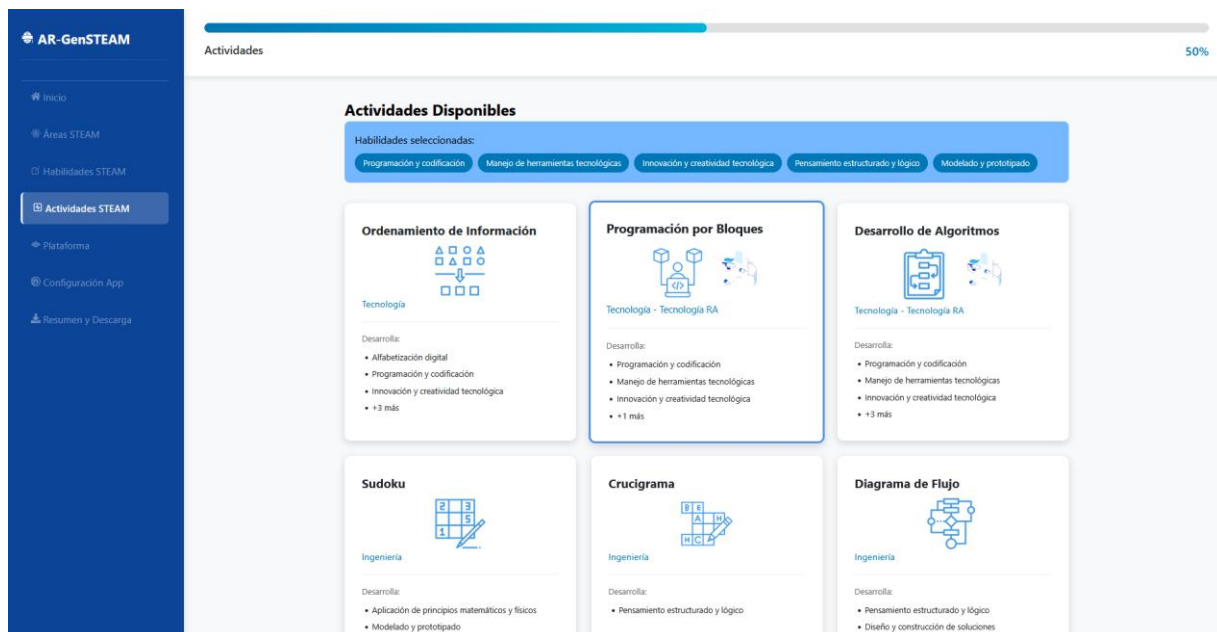


**Figura 4. 3** Actividad de Programación por Bloques

**Cuarto paso:** AR-GenSTEAM despliega las acciones detectadas dentro del flujo del juego (Figura 4.4). Para este caso se encuentra disponible la acción de acierto, correspondiente al momento en que el usuario construye correctamente la secuencia de bloques.



**Figura 4. 4** Acciones aplicables con realidad aumentada

**Quinto paso:** Se define el tipo de contenido aumentado que se integra. En este caso, se selecciona contenido de tipo audio, destinado a reforzar la retroalimentación positiva ante la resolución correcta del reto (Figura 4.5).



**Figura 4. 5** Tipo de contenido aumentado

**Séptimo paso:** En la Figura 4.6, se define la plataforma de despliegue de la aplicación resultante, que para este caso es para navegadores web.

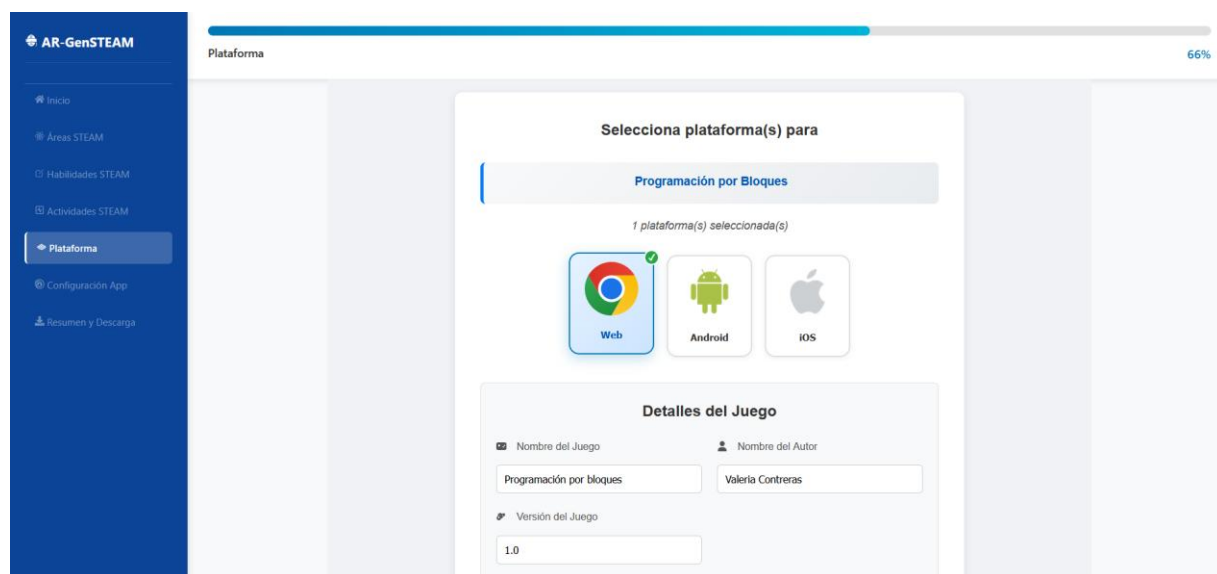


**Figura 4. 6** Selección de plataforma

**Octavo paso:** En esta etapa se establecen parámetros del juego (Figura 4.7) como la selección del nivel y desafíos de acuerdo con el tipo de actividad.

The screenshot shows the 'Configuración' (Configuration) screen of the AR-GenSTEAM application. The left sidebar contains a menu with options: Inicio, Áreas STEAM, Habilidades STEAM, Actividades STEAM, Plataforma, Configuración App, and Resumen y Descarga. The 'Configuración App' option is selected. The main content area is titled 'Juego de Programación por Bloques' and features a progress bar at the top indicating 85% completion. Below the title, there are three steps: RA, Resumen, and Juego, with 'Resumen' being the current step. A section titled 'SELECCIONA EL NIVEL DE DIFICULTAD:' offers three options: Básico (selected), Intermedio, and Avanzado. Another section titled 'SELECCIONA LOS DESAFÍOS A REALIZAR (Máximo 3):' displays five challenge cards: 'Suma de dos números', 'Resta de dos números', '¿Es mayor que 10?', 'Contador del 1 al 10', and 'Mostrar mensaje'. A 'REGLAS BÁSICAS' section at the top right states: 'Utiliza los bloques de las diferentes categorías y resuelve la problemática.'

**Figura 4. 7** Configuración de la aplicación

**Noveno paso:** AR-GenSTEAM presenta una pantalla de resumen (Figura 4.8) donde se muestran todas las configuraciones realizadas, permitiendo verificar la coherencia del proceso antes de la generación final.

The screenshot shows the 'Resumen' (Summary) screen of the AR-GenSTEAM application. The left sidebar is the same as in the previous figure, with 'Resumen y Descarga' selected. The main content area is titled 'Resumen de la Configuración' and features a progress bar at the top indicating 100% completion. A green checkmark icon and the text '¡Configuración Exitosa!' are displayed at the top, followed by the message: 'Tu juego ha sido configurado correctamente. Revisa los detalles y descárgalo.' Below this, the configuration details are listed in a grid: 'NOMBRE DEL JUEGO' (Programación por bloques), 'NOMBRE DEL AUTOR' (Valeria Contreras), 'VERSIÓN' (1.0), 'DESCRIPCIÓN' (Juego que fomenta la habilidad de lógica de programación.), 'FECHA DE CREACIÓN' (15 de mayo de 2026), and 'PLATAFORMAS' (Web).

**Figura 4. 8** Resumen de configuración

**Décimo paso:** Finalmente, AR-GenSTEAM integra automáticamente los elementos aumentados en el proyecto base y produce un archivo comprimido descargable que contiene la aplicación con realidad aumentada incorporada (Figura 4.9).

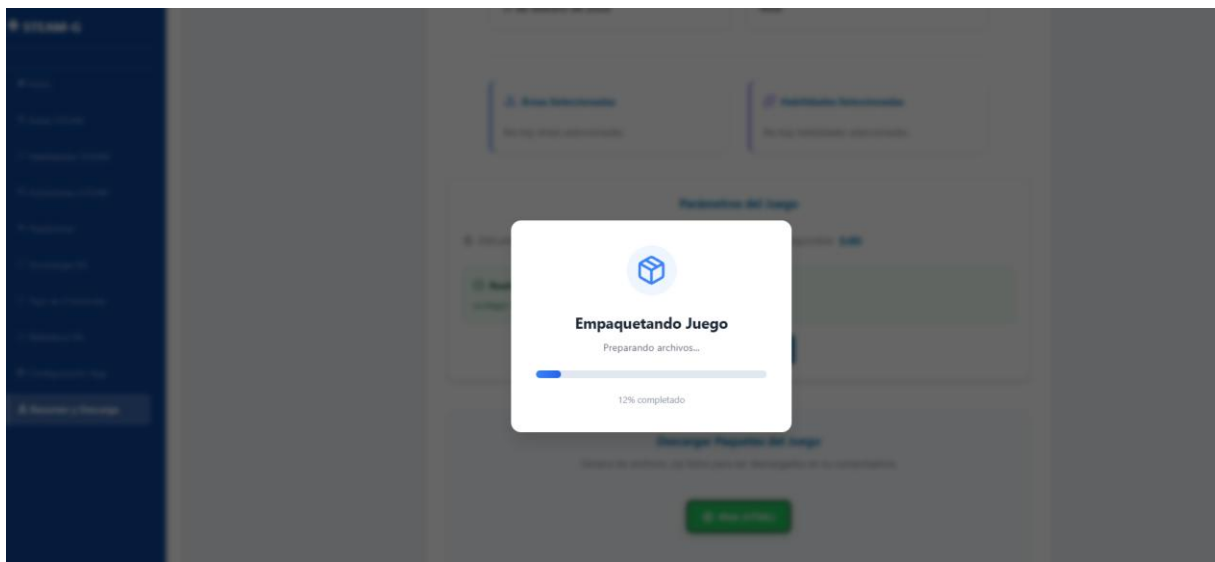


**Figura 4. 9** Descarga del archivo .ZIP con la aplicación con RA

#### **4.1.3 Resultados obtenidos**

El resultado es una aplicación web del juego de programación por bloques, el cual consiste en que el estudiante resuelva retos de programación mediante la construcción de soluciones con bloques visuales, arrastrando y ensamblando instrucciones para formar funciones que cumplan con un objetivo específico; cada desafío presenta un enunciado, casos de prueba y una meta clara, mientras que AR-GenSTEAM integra temporizador, puntaje y progreso por niveles para fomentar la motivación, permitiendo ejecutar la solución y recibir retroalimentación inmediata a través de la validación automática, lo que promueve el aprendizaje activo, la lógica computacional y la resolución de problemas en un entorno interactivo. La Figura 4.10 muestra un desafío para el nivel básico enfocado en la solución de una problemática de la suma de dos números.

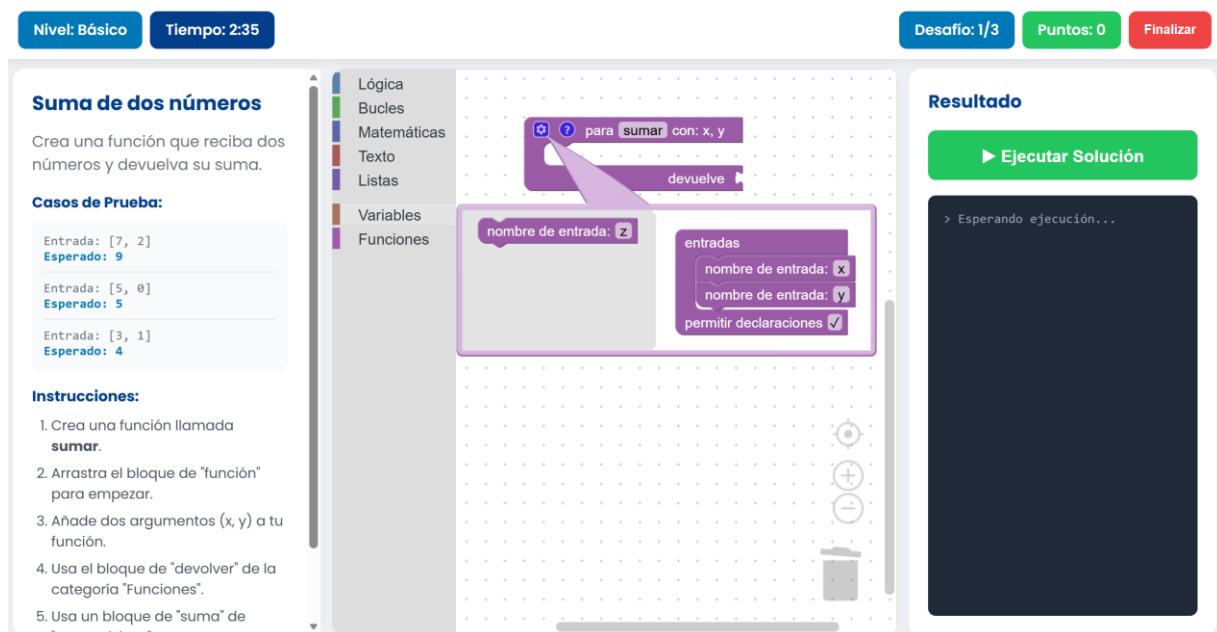


**Figura 4. 10** Aplicación web de programación por bloques

Como se observa en la Figura 4.11, la aplicación web interactiva integra retroalimentación auditiva inmediata ante aciertos, reforzando la motivación del estudiante y generando un estímulo positivo que fortalece el aprendizaje significativo. Este recurso no solo confirma que la solución ha sido correcta, sino que también funciona como un mecanismo de refuerzo conductual que incrementa el compromiso y la satisfacción durante la resolución de los retos. Adicionalmente, al completar correctamente la actividad, se habilita el uso de la cámara para capturar la reacción del usuario, incrementando el nivel de interactividad y promoviendo una experiencia más inmersiva.

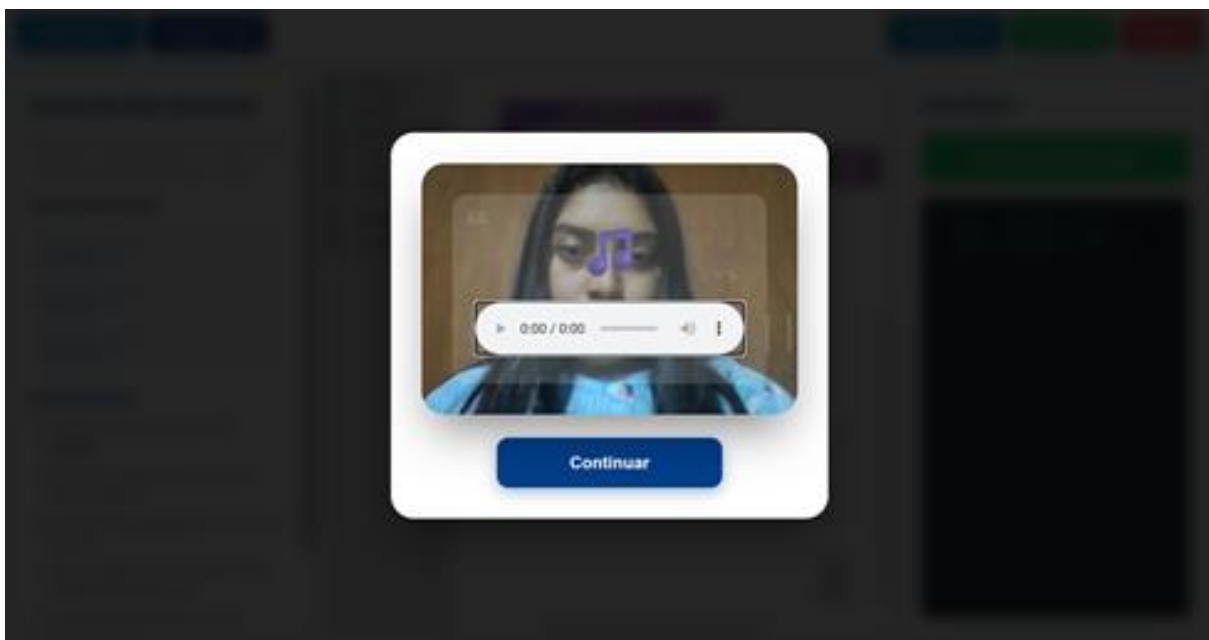


***Figura 4. 11*** Sección de aciertos con la incrustación de realidad aumentada

Este caso demuestra que AR-GenSTEAM permite integrar dinámicamente contenido aumentado en eventos específicos del flujo del juego, fortaleciendo el aprendizaje activo dentro del enfoque STEAM.

#### **4.2 Caso de Estudio: Proceso de generación de una aplicación móvil en Android para mejorar las habilidades de alfabetización digital y seguridad informática mediante la encriptación de mensajes integrando realidad aumentada**

El segundo caso de estudio corresponde a la actividad de Cripto Mensajes, que se diseñó para desarrollar habilidades de alfabetización digital, pensamiento abstracto y fundamentos de seguridad informática.

El objetivo de este caso de estudio es integrar contenido aumentado dentro de una aplicación móvil que tiene como actividad central la manipulación lógica de información textual, particularmente como un recurso de refuerzo conceptual al finalizar la resolución del reto. A diferencia del caso anterior, donde la realidad aumentada se integra como retroalimentación inmediata ante un acierto, en esta actividad se plantea su uso como elemento de consolidación del aprendizaje, reforzando visual y conceptualmente el proceso de encriptación realizado por el estudiante.

#### 4.2.1 Generación de aplicación móvil en Android con realidad aumentada

Para la generación de una aplicación móvil con la tecnología de Android integrando realidad aumentada, se identificaron acciones aplicables dentro del juego de Cripto Mensajes, para que se añadan diferentes tipos de contenido aumentado.

**Primer paso:** En la Figura 4.12, se observa que, como parte del proceso de configuración inicial, se selecciona el área STEAM correspondiente a la aplicación de Cripto Mensajes. Esta decisión resulta fundamental, ya que define el enfoque disciplinar sobre el cual se estructura la actividad lúdica y orienta la selección posterior de habilidades y competencias. En este caso, la actividad se vincula principalmente con el componente de Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, debido a que implica el uso de algoritmos, lógica computacional y razonamiento matemático para la transformación y protección de la información. Asimismo, promueve el pensamiento analítico y la resolución de problemas, al requerir que el estudiante comprenda patrones, aplique reglas de codificación y desarrolle soluciones estructuradas, integrando de manera transversal principios propios del enfoque STEAM dentro de un entorno interactivo y gamificado.

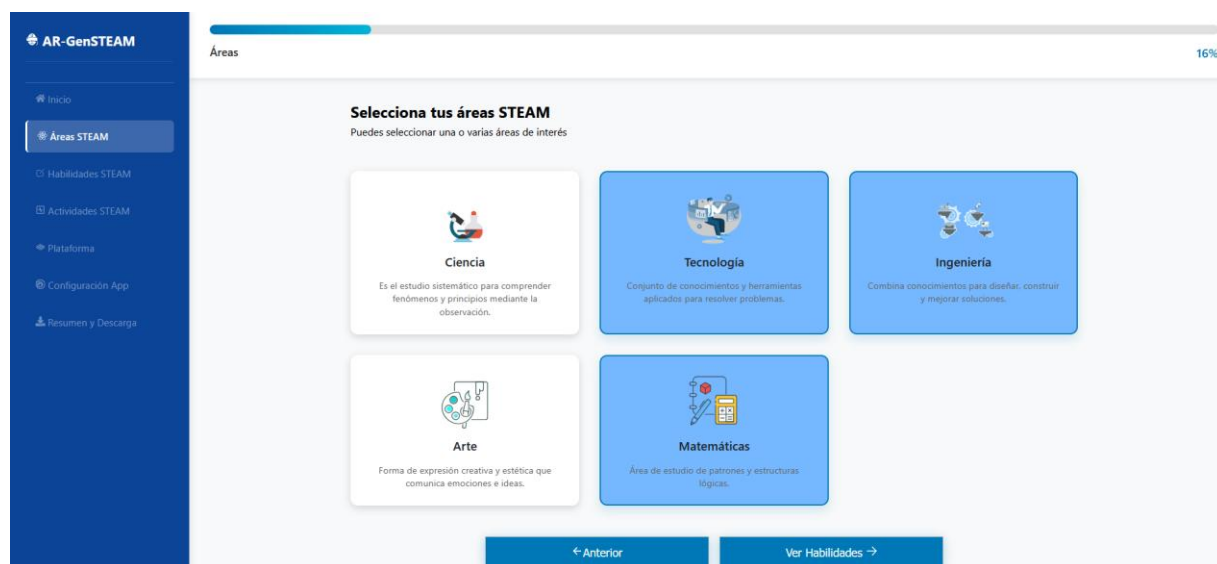


**Figura 4. 12 Selección de áreas STEAM**

**Segundo paso:** Después, como se muestra en la Figura 4.13, se seleccionan las habilidades que la aplicación busca fortalecer, tales como: alfabetización digital, seguridad informática, pensamiento estructurado-lógico, por mencionar algunas.

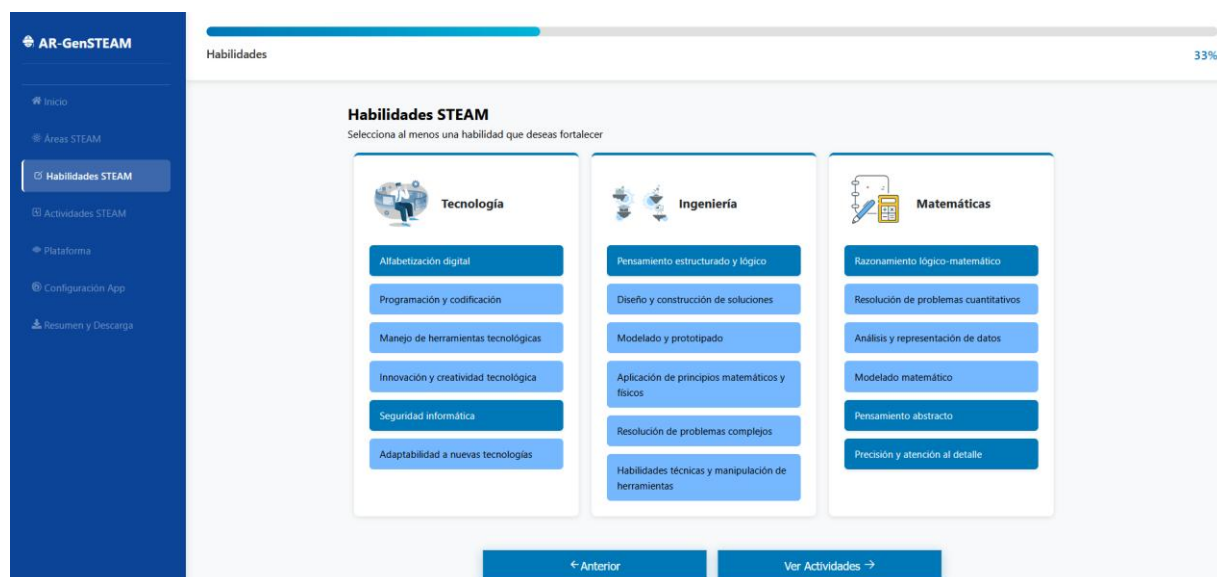


**Figura 4. 13 Habilidades STEAM**

**Tercer paso:** Se selecciona la actividad de Cripto Mensajes (Figura 4.14), que se encuentra en la lista de actividades disponibles dentro de AR-GenSTEAM, con base en las áreas y habilidades STEAM que se fortalecen.



**Figura 4. 14 Actividad de Cripto de Mensajes**

**Cuarto paso:** En la Figura 4.15, se muestra que AR-GenSTEAM despliega las acciones detectadas dentro del flujo del juego. Para este caso se encuentran disponibles tres acciones: al inicio, de acierto y al final del juego.



**Figura 4. 15** Acciones aplicables con realidad aumentada

**Quinto paso:** Se define el tipo de contenido aumentado que se integra. En este caso (Figura 4.16), se selecciona contenido de tipo video, el cual es útil para demostrar al usuario un procedimiento paso a paso sobre el proceso de encriptación y descryptación de mensajes, facilitando la comprensión visual del funcionamiento del algoritmo y reforzando el aprendizaje mediante un recurso dinámico e interactivo.



**Figura 4. 16** Tipo de contenido aumentado

**Sexto paso:** En la Figura 4.17, se define la plataforma de despliegue de la aplicación resultante, que para este caso es para navegadores web.

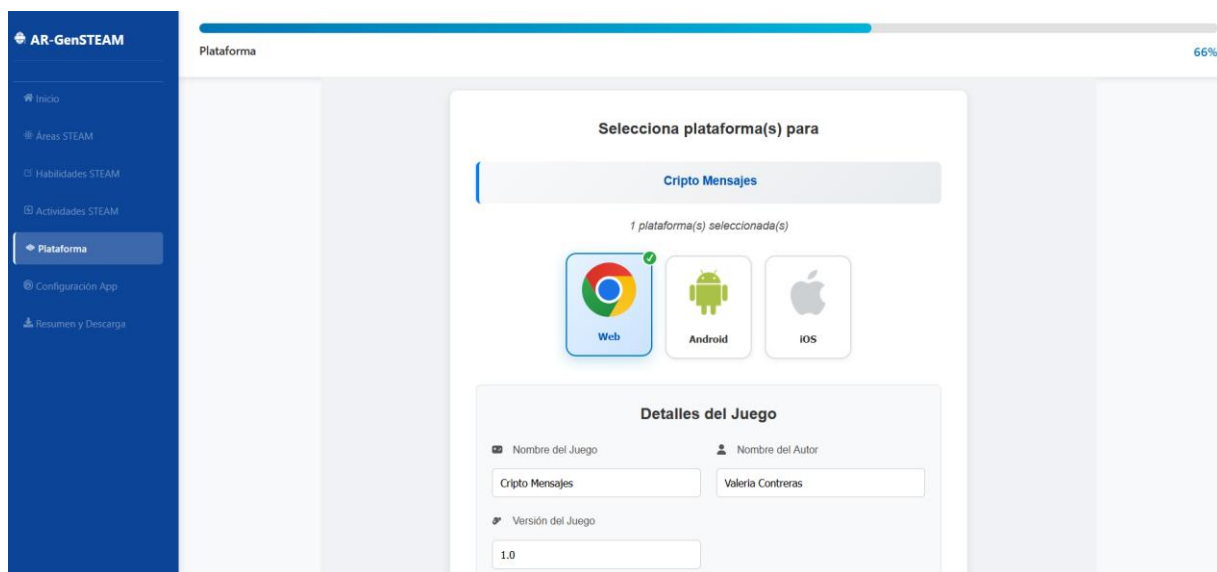


**Figura 4. 17** Selección de plataforma

**Séptimo paso:** En esta etapa se establecen parámetros del juego (Figura 4.18) como la selección del nivel y de los desafíos de acuerdo con el tipo de actividad.



**Figura 4. 18** Configuración de la aplicación

**Octavo paso:** La Figura 4.19, muestra que AR-GenSTEAM presenta una pantalla de resumen donde se muestran todas las configuraciones realizadas, permitiendo verificar la coherencia del proceso antes de la generación final.

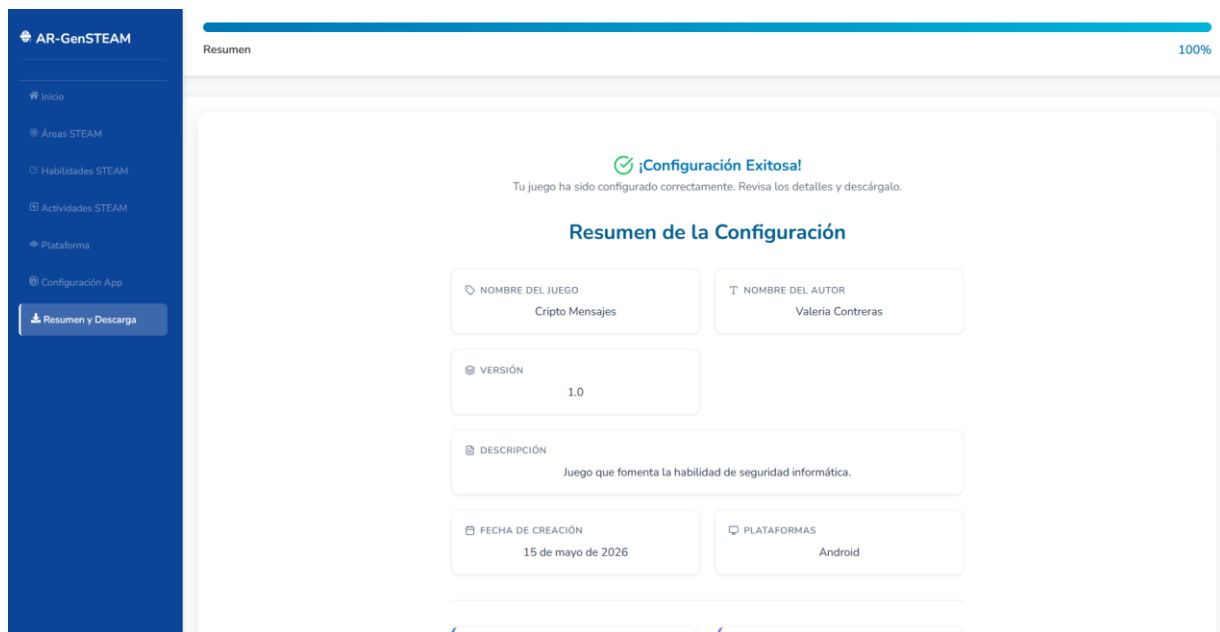


**Figura 4. 19** Resumen de configuración

**Noveno paso:** Finalmente, AR-GenSTEAM integra automáticamente los elementos aumentados en el proyecto base y produce un archivo comprimido descargable que contiene la aplicación con realidad aumentada incorporada.

#### 4.2.2 Resultados obtenidos

Posterior al proceso de generación de la aplicación móvil para que se ejecute con la tecnología Android, ahora se visualiza el resultado de la aplicación de Cripto Mensajes, como se observa en la Figura 4.20. La jugabilidad consiste en que el usuario descifre un mensaje encriptado a través del método de Cifrado César, apoyándose en una rueda interactiva que muestra el desplazamiento de letras. El jugador observa la palabra cifrada en el centro, analiza la categoría temática como pista contextual y escribe la posible respuesta en el campo de texto antes de que termine el tiempo.

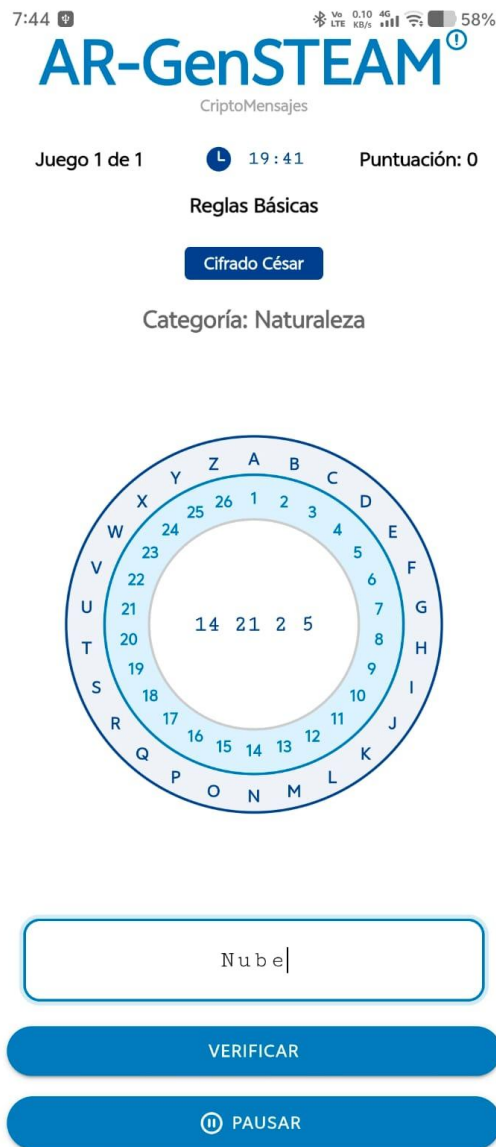


**Figura 4. 20** Aplicación móvil en Android de Cripto Mensajes

La aplicación resultante presenta un video al finalizar el reto (Figura 4.21), reforzando visualmente la retroalimentación del juego realizado por el estudiante. Este caso demuestra que AR-GenSTEAM permite integrar recursos multimedia como parte de una estrategia pedagógica estructurada, proporcionando cierre conceptual y fortaleciendo la comprensión del contenido.

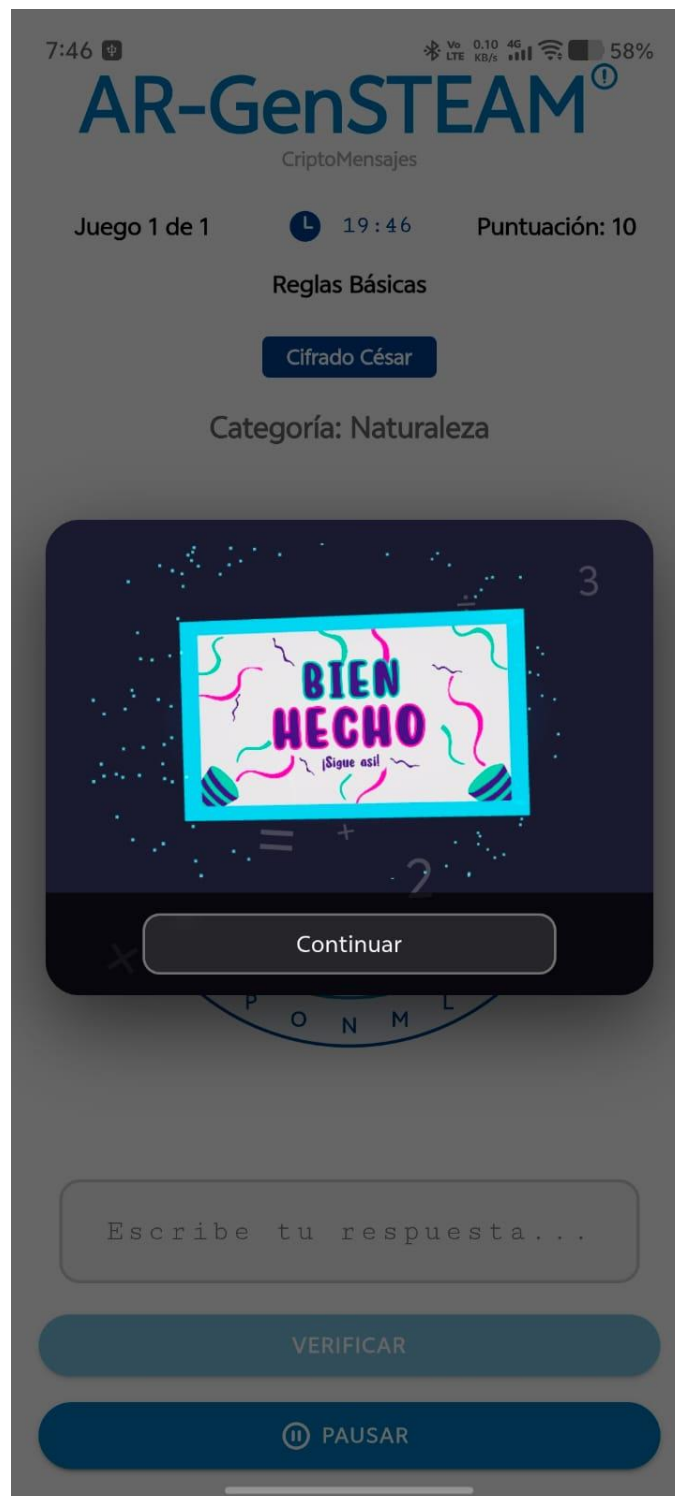


**Figura 4. 21** Sección final con contenido aumentado

### 4.3 Evaluación del generador

La evaluación de sistemas en el área de la ingeniería de software se desarrolla dentro de un contexto cada vez más complejo, donde la integración de múltiples métodos de investigación se ha convertido en una necesidad metodológica. En este sentido, el enfoque híbrido es relevante al permitir la combinación sistemática de datos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más completa de los resultados obtenidos. La investigación de Kitchenham et al. [43], con el modelo DESMET, el cual sentó las bases para la validación híbrida de tecnologías de software. A partir de esta línea, Storey et al. [44], destacaron que los métodos mixtos no solo permiten la integración de resultados, sino también la complementariedad y expansión del análisis, fortaleciendo la validez interna y externa de los estudios. También se enfatiza que la combinación de mediciones objetivas y percepciones humanas resulta esencial para analizar sistemas modernos, caracterizados por su naturaleza interactiva y centrada en el usuario. Asimismo, Idowu et al. [45], han demostrado la aplicabilidad del enfoque híbrido en la evaluación de herramientas y prácticas de desarrollo, evidenciando que la integración de encuestas, métricas y estudios de caso permite capturar tanto el rendimiento técnico como la experiencia del usuario. De manera complementaria, Foundjem et al. [46], utilizaron diseños mixtos para analizar dinámicas complejas en entornos reales, confirmando que este enfoque mejora la interpretación de resultados al combinar análisis estadísticos con evidencia cualitativa contextual. Además, marcos metodológicos actualizados, como PRISMA 2020 [47], refuerzan la importancia de integrar múltiples fuentes de evidencia para garantizar rigor y reproducibilidad en estudios científicos. En conjunto, estos avances reflejan una tendencia consolidada hacia el uso de enfoques híbridos en la investigación contemporánea, particularmente en dominios como la realidad aumentada y la educación STEAM, donde resulta imprescindible evaluar simultáneamente el desempeño del sistema y la experiencia del usuario para lograr una validación integral.

Desde la perspectiva cuantitativa, la evaluación de la calidad del software se sustenta en modelos estandarizados y ampliamente validados que permiten medir atributos

internos y externos del sistema de manera objetiva y reproducible. El modelo de calidad definido en la ISO/IEC 9126 y su evolución en la familia ISO/IEC 25000, particularmente ISO/IEC 25010, los cuales establecen características como usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, seguridad y portabilidad. A estos modelos se suma la norma ISO/IEC 15939, que proporciona un marco estructurado para la definición, recolección y análisis de métricas, consolidando así un enfoque sistemático para la medición de calidad. En los últimos años, diversas investigaciones han reforzado la vigencia de estos estándares mediante su integración con modelos empíricos y técnicas avanzadas de análisis de datos. Por ejemplo, Dąbrowski et al. [48], demostraron la efectividad del uso de métricas cuantitativas para evaluar herramientas y procesos de desarrollo, destacando su capacidad para generar evidencia objetiva y reproducible. De igual forma, Messer et al. [49], han propuesto marcos de evaluación cuantitativa basados en experimentación controlada y análisis estadístico para validar tecnologías emergentes. Adicionalmente, Zhang et al. [50], exploraron el uso de métricas automatizadas, minería de repositorios y técnicas de aprendizaje automático para fortalecer la evaluación cuantitativa del software. Finalmente, el enfoque GQM (Enfoque de Métrica de Preguntas Objetivo, *Goal-Based Question Metrics*), propuesto por Victor Basili, se reafirmó con el estudio de Rajbahadur et al. [51], donde combinan la analítica moderna para fortalecer la trazabilidad entre objetivos, preguntas y métricas.

Por otra parte, el enfoque cualitativo se centra en UX (Evaluación de Experiencia de Usuario, *User Experience*), un aspecto crítico en sistemas interactivos y educativos, especialmente en entornos de realidad aumentada, donde la interacción, la percepción y el compromiso del usuario influyen directamente en la efectividad del sistema. Investigaciones recientes han demostrado que factores como la usabilidad percibida, la satisfacción, la carga cognitiva y la respuesta emocional son determinantes en la adopción y éxito de tecnologías educativas emergentes [52], [53]. En este contexto, la evaluación de UX ha evolucionado hacia modelos multidimensionales que integran aspectos pragmáticos, tal como lo plantean enfoques contemporáneos derivados de

los trabajos de Marc Hassenzahl, los cuales han sido ampliamente retomados en estudios recientes para analizar la calidad percibida en sistemas interactivos. En particular, el cuestionario UEQ (Cuestionario de la Experiencia de Usuario, *User Experience Questionnaire*) se ha consolidado como uno de los instrumentos más utilizados y validados para medir la experiencia de usuario, al evaluar dimensiones como atractivo, eficiencia, claridad, estimulación y novedad, siendo aplicado exitosamente en diversos contextos tecnológicos recientes [54], [55], [56]. Kakoschke et al. [57], destacaron que el UEQ presenta altos niveles de confiabilidad y validez, además de permitir comparaciones entre sistemas, lo que lo convierte en una herramienta adecuada para la evaluación de aplicaciones basadas en realidad aumentada. En esta línea de investigación, Petersen et al. [58], evidenciaron que la experiencia de usuario influye significativamente en el aprendizaje, la motivación y la retención del conocimiento, específicamente en aplicaciones educativas y de realidad aumentada. Finalmente, en la revisión sistemática sobre UX, Lazem et al. [59], destacaron la necesidad de integrar instrumentos estandarizados como UEQ dentro de enfoques híbridos de evaluación para garantizar una comprensión integral del sistema, combinando datos subjetivos y objetivos en contextos reales de uso.

#### **4.3.1 Evaluación cuantitativa**

En esta sección se presenta la evaluación cuantitativa de la plataforma AR-GenSTEAM, con el propósito de medir su desempeño como generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM. Para ello, se definió una serie de indicadores medibles, entre los que se incluyen el tiempo total de generación de la aplicación, el porcentaje de tareas completadas correctamente, el número de errores o retrocesos y la tasa de éxito en la obtención del archivo final. Estos indicadores permiten obtener datos objetivos que facilitan el análisis del funcionamiento del sistema y la identificación de áreas de mejora.

##### **4.3.1.1 Tiempo total para generar una aplicación**

El indicador total para generar una aplicación web y móvil se evaluó con el objetivo de medir la eficiencia del sistema generador durante el proceso de creación de

aplicaciones de realidad aumentada con enfoque STEAM. Para ello, se registró el tiempo empleado desde el inicio del proceso de generación hasta la obtención del archivo final de la aplicación.

La medición se realizó mediante la ejecución de diez intentos por cada aplicación definida, considerando tres aplicaciones distintas con los dos tipos de plataforma. En cada intento se registró el tiempo total requerido, y posteriormente se calculó el tiempo promedio para cada tipo de aplicación, lo que permitió obtener una medida representativa (Figura 4.22) del desempeño de AR-GenSTEAM en términos de eficiencia.

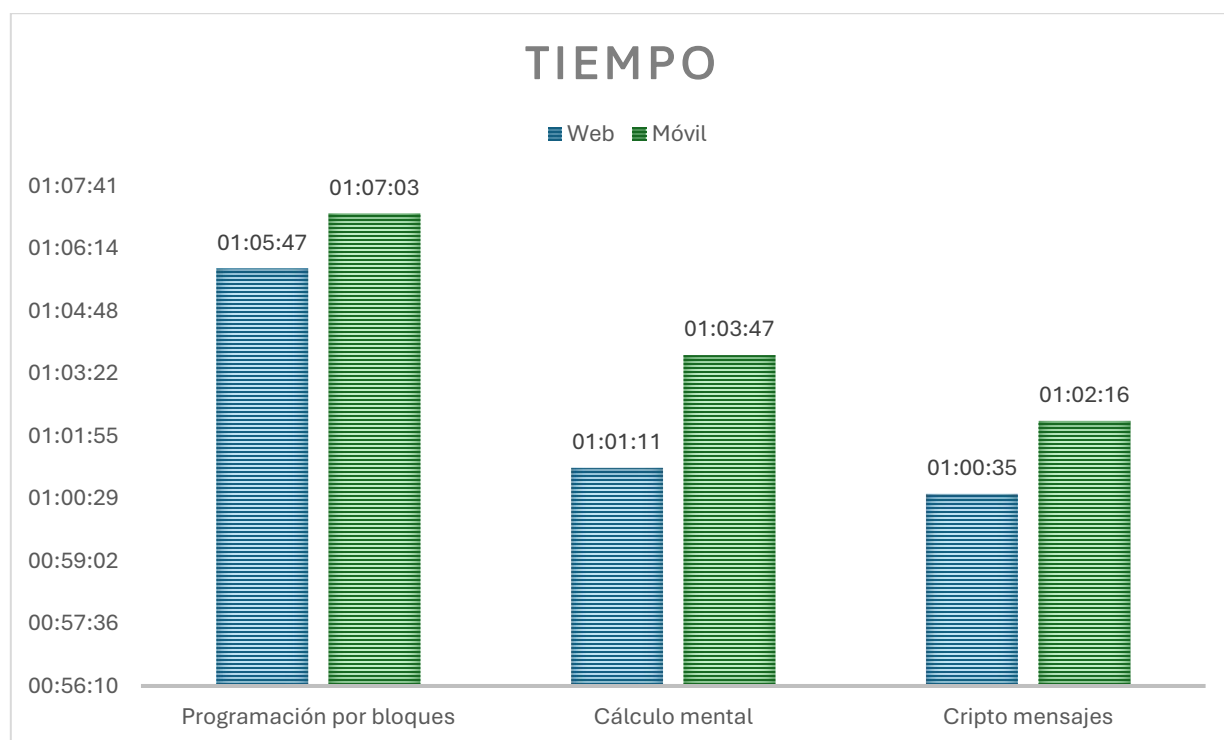


**Figura 4. 22** Tiempo promedio de generación de aplicaciones

#### 4.3.1.2 Porcentaje de tareas completadas correctamente

El indicador del porcentaje de tareas correctas se determinó mediante la identificación de los pasos necesarios para la generación de una aplicación STEAM de tipo web y móvil dentro del sistema generador. Cada paso fue evaluado como correcto únicamente si el usuario lo completaba sin errores ni asistencia externa.

Posteriormente, se calculó el porcentaje de cumplimiento utilizando la relación entre tareas correctas y el total de intentos.

En la Tabla 4.1 se muestran cinco tareas definidas dentro de AR-GenSTEAM, así como el número de tareas completadas correctamente y el porcentaje que representa. Los datos fueron obtenidos a partir de diez intentos de generación de aplicaciones, registrando en cada uno el número de tareas completadas correctamente. Los resultados muestran que, en general, tanto la versión web como la móvil presentan un buen desempeño en la mayoría de las tareas. Sin embargo, la tarea con mayor dificultad fue “Cargar recursos para RA”, ya que registró los porcentajes más bajos: 70% en web y 60% en móvil. Lo que sugiere que se requieren mejoras de usabilidad, especialmente en dispositivos móviles. En conjunto, los datos indican que la versión web tuvo un desempeño ligeramente superior a la móvil.

**Tabla 4. 1** Porcentaje de tareas completadas correctamente

| Tarea                                  | Total de tareas correctas |       | Porcentaje |       |
|----------------------------------------|---------------------------|-------|------------|-------|
|                                        | Web                       | Móvil | Web        | Móvil |
| Seleccionar tipo de aplicación         | 10                        | 10    | 100%       | 100%  |
| Configurar contenido RA                | 8                         | 8     | 80%        | 80%   |
| Cargar recursos para RA                | 7                         | 6     | 70%        | 60%   |
| Configurar parámetros de la aplicación | 9                         | 9     | 90%        | 90%   |
| Generar aplicación                     | 10                        | 9     | 100%       | 90%   |

Para interpretar los resultados obtenidos, en la Figura 4.23 se muestra lo que representa cada porcentaje, para identificar las tareas con mayor y menor nivel de cumplimiento dentro de AR-GenSTEAM.

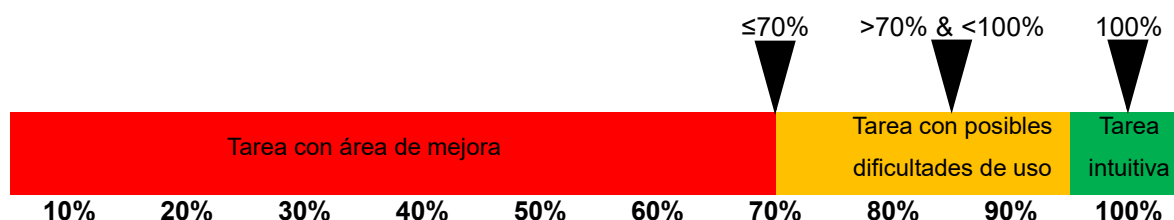


**Figura 4. 23** Indicadores del porcentaje de tareas correctas

#### **4.3.1.3 Número de errores o retrocesos por paso**

El indicador del número de errores o retrocesos por paso se evaluó con el propósito de identificar las dificultades que presentan los usuarios durante el proceso de generación de aplicaciones en las plataformas web y móvil dentro de AR-GenSTEAM. Para ello, se definieron los pasos necesarios en el flujo de generación y se registró la cantidad de errores cometidos o retrocesos realizados.

Se consideró como error cualquier acción incorrecta que impidiera avanzar en el proceso, así como los casos en los que el usuario tuvo que regresar a un paso previo para corregir información. La medición se llevó a cabo durante diez intentos de generación de aplicaciones, registrando en cada paso la frecuencia de errores o retrocesos, lo que permitió identificar las etapas en AR-GenSTEAM con mayor nivel de dificultad.

En la Figura 4.24, se muestra una gráfica de líneas con los cinco pasos definidos dentro de AR-GenSTEAM, así como los errores cometidos en cada uno de ellos, lo que permitió identificar que el paso tres, que corresponde a la carga de recursos de realidad aumentada, es el que mayor número de errores presentó, por lo que, es un área de mejora para AR-GenSTEAM.



**Figura 4. 24** Número de errores o retrocesos por paso

#### 4.3.1.4 Tasa de éxito al generar el archivo final

El propósito de evaluar la tasa de éxito en la generación del archivo final, es determinar la efectividad de AR-GenSTEAM en la culminación del proceso de creación de aplicaciones de realidad aumentada con enfoque STEAM. El indicador permite identificar la proporción de intentos en los que AR-GenSTEAM logró generar correctamente el archivo final de la aplicación.

Para su medición, se realizaron diez intentos de generación de aplicaciones en las plataformas web y móviles, registrando en cada uno de los intentos si el proceso finalizaba exitosamente o no. Se consideró como un intento exitoso aquel en el que el sistema generó el archivo final sin errores que impidieran su uso. Posteriormente, se calculó la tasa de éxito como la relación entre el número de intentos exitosos y el total de intentos realizados.

La Figura 4.25, muestra dos gráficas de pastel, en las que se plasma el porcentaje de éxito y de fallo al generar una aplicación web y una de tipo móvil. Como se observa, la plataforma web presentó una mayor tasa de éxito de generación.

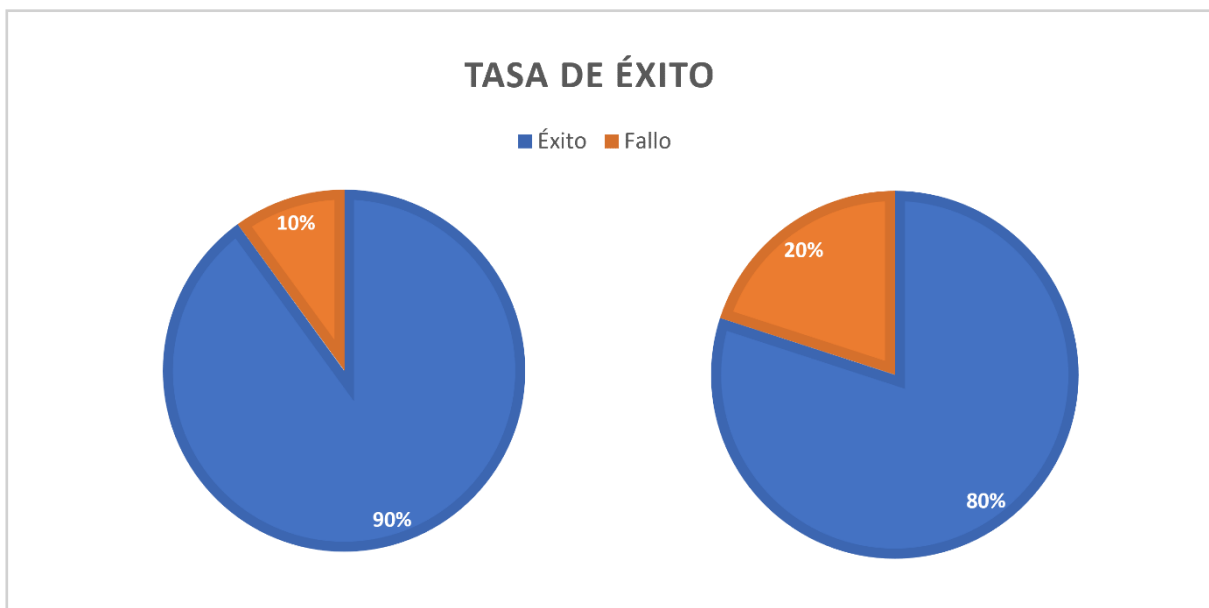


***Figura 4. 25 Tasa de éxito al generar una aplicación***

## **Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones**

En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del desarrollo e implementación del generador de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM. Se analizan los alcances obtenidos, el cumplimiento de los objetivos planteados y se plantean recomendaciones para un trabajo a futuro.

### **5.1 Conclusiones**

El desarrollo de generadores de aplicaciones de realidad aumentada emerge como un área prometedora en la ingeniería de software, especialmente en el contexto educativo, donde existe una creciente necesidad de herramientas que faciliten la creación automatizada de recursos pedagógicos interactivos. Esta tendencia responde a la demanda de soluciones que permitan a los docentes integrar tecnologías avanzadas en sus clases de manera accesible y personalizada, sin requerir conocimientos técnicos profundos en programación o desarrollo de software.

En el presente trabajo de tesis se logró implementar a AR-GenSTEAM, un generador de aplicaciones educativas que integra características de realidad aumentada bajo el enfoque STEAM, cumpliendo con el objetivo general planteado al inicio de la investigación. A través de la definición de un proceso estructurado de generación, fue posible automatizar la incorporación de contenido aumentado dentro de distintas actividades educativas, tales como Programación por Bloques y Cripto Mensajes.

Los casos de estudio desarrollados permitieron validar la viabilidad técnica de AR-GenSTEAM, lo que demostró que, asocia distintos tipos de contenido aumentado: audio, imagen, video y texto, a eventos específicos del flujo de cada actividad. Asimismo, se comprobó que el proceso de generación es repetible, configurable y adaptable a diferentes dinámicas de juego, lo que confirma su escalabilidad dentro del ámbito educativo.

Entre las principales aportaciones de esta investigación se destacan:

- La definición de un proceso formal para la generación de aplicaciones educativas con integración de realidad aumentada bajo el enfoque STEAM.
- El diseño e implementación de una herramienta que automatiza la incorporación de contenido aumentado en juegos educativos.
- La validación del proceso mediante casos de estudio que demuestran su aplicabilidad en diferentes tipos de actividades orientadas al desarrollo de habilidades tecnológicas y cognitivas.

Finalmente, este trabajo demuestra que la automatización de la integración de realidad aumentada no solo es técnicamente viable, sino también pedagógicamente pertinente, representando una contribución significativa al desarrollo de herramientas tecnológicas aplicadas a la educación.

## **5.2 Recomendaciones**

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se proponen las siguientes recomendaciones para trabajos futuros: En primer lugar, se sugiere ampliar el catálogo de actividades disponibles dentro del generador, incorporando nuevos tipos de juegos educativos que aborden otras áreas del enfoque STEAM.

En segundo lugar, se recomienda integrar mecanismos de evaluación y analítica de aprendizaje dentro de AR-GenSTEAM, de manera que sea posible medir el desempeño del estudiante y obtener datos que permitan analizar el impacto real de la realidad aumentada en el proceso formativo.

Finalmente, sería pertinente explorar la incorporación de nuevas tecnologías emergentes, como inteligencia artificial o adaptación dinámica de contenido, con el objetivo de incrementar el nivel de personalización e interactividad de las aplicaciones generadas.

## Productos Académicos

A continuación, se enumeran los productos generados hasta la fecha. Entre los productos académicos que se presentan se incluyen artículos en congresos nacionales (WILE), realizado en colaboración con el MICAÍ.

### Congresos nacionales



- **Contreras-Zaragoza, V.**, Alor-Hernández, G., Marín-Vega, H., Bustos-López, M., Ruiz-Martínez, M., Hernández-Chaparro, N.L. (2026). Generation of STEAM-Based Games with Augmented Reality. In: Martínez-Villaseñor, L., *et al.* Advances in Computational Intelligence. MICAÍ 2025 International Workshops. MICAÍ 2025. Lecture Notes in Computer Science(), vol 16265. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-17933-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-032-17933-3_1)

### Registro de derechos de autor

El proceso para el registro de derecho de autor (INDAUTOR), del proyecto “AR-GenSTEAM: Módulo de Software para la generación de aplicaciones con realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM”, se inició el 11 de mayo de 2026.

## Solicitud de Registro de Obra

|                                            |                           |
|--------------------------------------------|---------------------------|
| Homoclave del formato                      | Número de trámite         |
| RPDA-01                                    |                           |
| Fecha de publicación del formato en el DOF | Fecha de la solicitud     |
| 26   01   2022                             | 11 DD   05 MM   2026 AAAA |

Instrucciones: Deberá llenar a máquina o con letra de molde legible, sin tachaduras o enmendaduras.



Datos del Autor



Seudónimo

|                                                                  |                                                     |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Datos Generales                                                  | Domicilio Legal o Particular                        |
| CURP (Opcional): <b>COZV020717MVZNRLA1</b>                       | Código postal: <b>94677</b>                         |
| RFC: <b>COZV020717T6A</b>                                        | Calle: <b>Rosa</b>                                  |
| Nombre(s): <b>Valeria</b>                                        | Número exterior: <b>4314 - E</b>   Número interior: |
| Primer apellido: <b>Contreras</b>                                | Colonia: <b>Fraccionamiento Los Arcos</b>           |
| Segundo apellido: <b>Zaragoza</b>                                | Municipio o Alcaldía: <b>Córdoba</b>                |
| Sexo: <b>Femenino</b>                                            | Estado: <b>Veracruz</b>                             |
| Fecha de nacimiento: <b>17 DD   07 MM   2002 AAAA</b>            | País: <b>México</b>                                 |
| Lugar de nacimiento: <b>Córdoba, Veracruz</b>                    |                                                     |
| Nacionalidad (Opcional): <b>Mexicana</b>                         |                                                     |
| Porcentaje (%) y tipo de participación: <b>17 %</b>              |                                                     |
| Teléfono (Opcional):                                             |                                                     |
| Extensión (Opcional):                                            |                                                     |
| Teléfono móvil (Opcional): <b>2712450709</b>                     |                                                     |
| Correo electrónico (Opcional): <b>M24010201@orizaba.tecnm.mx</b> |                                                     |

INDAUTOR-01-001

En caso de ser más de un autor, presentar la hoja adjunta RPDA-01-A1

"De conformidad con los artículos 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y 46 fracción VII de la Ley General de Mejora Regulatoria los formatos para solicitar trámites y servicios deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación (DOF)".

**GOBIERNO DE  
MÉXICO****CULTURA**  
SECRETARÍA DE CULTURA**CONAMER**  
COMITÉ NACIONAL  
DE MEJORA REGULATORIA**INDAUTOR**  
INSTITUTO NACIONAL  
DEL DERECHO DE AUTOR

Contacto:  
Puebla #143, Col. Roma Norte,  
Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06700,  
Ciudad de México  
Tel. 5536018210 y 16 8002283400

Ciudad de México a 11 de mayo del 2026

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA – TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

Por medio del presente documento, reconocemos que el programa de cómputo **“AR-GenSTEAM: Módulo de Software para la generación de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM”** fue realizado de conformidad con las actividades laborales y con la normatividad aplicable en la **SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA - TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**, por lo que admitimos, en términos del artículo 46 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor y en concordancia con el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor, que la titularidad de los derechos patrimoniales y las facultades relativas a la divulgación, integridad del programa de cómputo y de colección sobre este tipo de creaciones, corresponden a la Federación, a través de la Secretaría de Educación Pública -Tecnológico Nacional de México. Asimismo, relevamos de toda responsabilidad a la **SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA - TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO** de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre el programa de cómputo **“AR-GenSTEAM: Módulo de Software para la generación de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el enfoque STEAM”** asumiendo todas las consecuencias jurídicas o legales y económicas si ésta no fuese de nuestra creación.

**PROTESTAMOS LO NECESARIO**

Firma: 

Nombre: Valeria Contreras Zaragoza

Participación: 17%

Firma: 

Nombre: Giner Alor Hernández

Participación: 17%

Firma: 

Nombre: Humberto Marín Vega

Participación: 16.5%

Firma: 

Nombre: Maritza Bustos López

Participación: 16.5%

Firma: 

Nombre: Mónica Ruiz Martínez

Participación: 16.5%

Firma: 

Nombre: Norma Leticia Hernández Chaparro

Participación: 16.5%

## Referencias

- [1] A. Bautista, "STEAM education: contributing evidence of validity and effectiveness (Educación STEAM: aportando pruebas de validez y efectividad)," *Infancia y Aprendizaje*, vol. 44, no. 4, pp. 755–768, 2021, doi: 10.1080/02103702.2021.1926678.
- [2] M. A. Graham, "The disciplinary borderlands of education: art and STEAM education (Los límites disciplinares de la educación: arte y educación STEAM)," *Infancia y Aprendizaje*, vol. 44, no. 4, pp. 769–800, 2021, doi: 10.1080/02103702.2021.1926163.
- [3] T. I. Anisimova, F. M. Sabirova, and O. V. Shatunova, "Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, no. 2, pp. 204–217, 2020, doi: 10.3991/ijet.v15i02.11537.
- [4] M. G. Bertrand and I. K. Namukasa, "A pedagogical model for STEAM education," *Journal of Research in Innovative Teaching and Learning*, vol. 16, no. 2, pp. 169–191, Sep. 2023, doi: 10.1108/JRIT-12-2021-0081.
- [5] D. Aguilera and J. Ortiz-Revilla, "Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review," *Educ Sci (Basel)*, vol. 11, no. 7, Jul. 2021, doi: 10.3390/educsci11070331.
- [6] M. A. M. AlGerafi, Y. Zhou, M. Oubibi, and T. T. Wijaya, "Unlocking the Potential: A Comprehensive Evaluation of Augmented Reality and Virtual Reality in Education," *Electronics (Switzerland)*, vol. 12, no. 18, Sep. 2023, doi: 10.3390/electronics12183953.
- [7] G. Lampropoulos, E. Keramopoulos, K. Diamantaras, and G. Evangelidis, "Augmented Reality and Virtual Reality in Education: Public Perspectives, Sentiments, Attitudes, and Discourses," *Educ Sci (Basel)*, vol. 12, no. 11, Nov. 2022, doi: 10.3390/educsci12110798.

- [8] G. Lampropoulos, E. Keramopoulos, K. Diamantaras, and G. Evangelidis, "Augmented Reality and Gamification in Education: A Systematic Literature Review of Research, Applications, and Empirical Studies," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 13, Jul. 2022, doi: 10.3390/app12136809.
- [9] A. Amores-Valencia, D. Burgos, and J. W. Branch-Bedoya, "Influence of motivation and academic performance in the use of Augmented Reality in education. A systematic review," *Front Psychol*, vol. 13, Oct. 2022, doi: 10.3389/FPSYG.2022.1011409.
- [10] A. Leavy, L. Dick, M. Meletiou-Mavrotheris, E. Paparistodemou, and E. Stylianou, "The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature," *J Comput Assist Learn*, vol. 39, no. 4, pp. 1061–1082, Aug. 2023, doi: 10.1111/jcal.12806.
- [11] E. Sukmawati, N. D. N. Imanah, and D. A. Rantauni, "Implementation and challenges of project-based learning of STEAM in the university during the pandemic: A systematic literature review," *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, vol. 9, no. 1, May 2023, doi: 10.22219/jinop.v9i1.25177.
- [12] M. Hamza, "Software Architecture Design of a Serverless System," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Jun. 2023, pp. 304–306. doi: 10.1145/3593434.3593471.
- [13] F. Arena, M. Collotta, G. Pau, and F. Termine, "An Overview of Augmented Reality," *Computers*, vol. 11, no. 2, Feb. 2022, doi: 10.3390/computers11020028.
- [14] A. Pramono, M. Istiar Wardhana, J. Samodra, and B. Dewi Puspasari, "Designing Interactive Multimedia Courses Using STEAM Education," *KnE Social Sciences*, pp. 279–287, Aug. 2022, doi: 10.18502/kss.v7i13.11672.
- [15] A. Bhanushali, "INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCES IN ENGINEERING RESEARCH Ensuring Software Quality Through Effective Quality Assurance Testing: Best Practices and Case Studies," *International Journal of Advances in*

*Engineering Research (IJAER)* 2023, no. 26, 2023, [Online]. Available: <http://www.ijaer.com>

- [16] T. Succar, H. A. Beaver, and A. G. Lee, "Impact of COVID-19 pandemic on ophthalmology medical student teaching: educational innovations, challenges, and future directions," Jan. 01, 2022, *Elsevier Inc.* doi: 10.1016/j.survophthal.2021.03.011.
- [17] J. Li, H. Luo, L. Zhao, M. Zhu, L. Ma, and X. Liao, "Promoting STEAM Education in Primary School through Cooperative Teaching: A Design-Based Research Study," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 16, Aug. 2022, doi: 10.3390/su141610333.
- [18] "Educación Básica | SITEAL." Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: [https://siteal.iiep.unesco.org/eje/educacion\\_basica](https://siteal.iiep.unesco.org/eje/educacion_basica)
- [19] A. Portillo-Blanco, P. Sarriugarte, K. Zuza, and J. Guisasola, "Design and implementation of a STEAM Teaching/Learning sequence by Project-Based Learning for the training of future secondary school teachers," *J Phys Conf Ser*, vol. 2750, no. 1, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2750/1/012036.
- [20] C. Tapullima-Mori, S. L. Pizzán-Tomanguillo, N. del P. Pizzán-Tomanguillo, L. R. Gómez Sangama, M. Vázquez Sánchez, and M. Ñiipe Cachay, "Una revisión bibliométrica del enfoque STEAM en educación universitaria 2010-2022," *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol. 18, no. 1, p. e1790, Jan. 2023, doi: 10.19083/ridu.2024.1790.
- [21] "ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA DEL MAESTRO (15 DE MAYO)", Accessed: Feb. 14, 2025. [Online]. Available: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE\\_300919.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE_300919.pdf).
- [22] "Informe anual | 2020".
- [23] A. Juškevičienė, G. Stupurienė, and T. Jevsikova, "Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education,"

*Computer Applications in Engineering Education*, vol. 29, no. 1, pp. 175–190, Jan. 2021, doi: 10.1002/cae.22365.

- [24] T. I. Anisimova, F. M. Sabirova, and O. V. Shatunova, “Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, no. 2, pp. 204–217, 2020, doi: 10.3991/ijet.v15i02.11537.
- [25] M. C. Pristianti, E. Hariyono, and D. Wulandari, “Studies in Learning and Teaching Studies in Learning and Teaching Development of STEAM-Based Rain Alarm Prototype Article Info ABSTRACT,” vol. 3, no. 2, pp. 156–167, 2022, doi: 10.46627/silet.
- [26] N. Montés, P. Aloy, T. Ferrer, P. D. Romero, S. Barquero, and A. M. Carbonell, “EXPLORIA, STEAM Education at University Level as a New Way to Teach Engineering Mechanics in an Integrated Learning Process,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 10, May 2022, doi: 10.3390/app12105105.
- [27] A. Breda, A. Neves, J. Dos Santos, and Z. Lavicza, “Utilising a STEAM-based Approach to Support Calculus Students’ Positive Attitudes Towards Mathematics and Enhance their Learning Outcomes,” *Open Education Studies*, vol. 5, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.1515/edu-2022-0210.
- [28] R. Chacon and M. R. Estela, “Designing maths-based STEAM activities for civil engineering curricula,” *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, vol. 2020-October, pp. 1–5, Oct. 2020, doi: 10.1109/FIE44824.2020.9273989.
- [29] N. H. Tran, C. F. Huang, K. H. Hsiao, K. L. Lin, and J. F. Hung, “Investigation on the Influences of STEAM-Based Curriculum on Scientific Creativity of Elementary School Students,” *Front Educ (Lausanne)*, vol. 6, Oct. 2021, doi: 10.3389/feduc.2021.694516.

- [30] N. Montés *et al.*, “A Novel Methodology to Develop STEAM Projects According to National Curricula,” *Educ Sci (Basel)*, vol. 13, no. 2, Feb. 2023, doi: 10.3390/educsci13020169.
- [31] M. Zhu, B. Guo, X. Liu, and X. Chen, “On the STEAM Concept-Based Design Instructional Case for Junior High Students in Information Technology Courses,” 2024.
- [32] L. R. Ananda, Y. Rahmawati, F. Khairi, and Irwanto, “Developing the Computational Thinking Skills of Chemistry Students by Integrating Design Thinking with STEAM-PjBL,” *AIP Conf Proc*, vol. 2982, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.1063/5.0183005.
- [33] F. J. Perales and J. L. Aróstegui, “The STEAM approach: Implementation and educational, social and economic consequences,” *Arts Education Policy Review*, vol. 125, no. 2, pp. 59–67, 2024, doi: 10.1080/10632913.2021.1974997.
- [34] R. Eitah and J. Abueita, “The Effectiveness of a STEAM-Based Learning Approach in Creative Thinking among Eighth-Grade Students in Jordan,” *International Journal for Research in Education*, vol. 47, no. 3, pp. 172–202, Aug. 2023, doi: 10.36771/ijre.47.3.23-pp172-202.
- [35] U. Lee *et al.*, “Prompt Aloud!: Incorporating image-generative AI into STEAM class with learning analytics using prompt data,” *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 29, no. 8, pp. 9575–9605, Jun. 2024, doi: 10.1007/s10639-023-12150-4.
- [36] O. McGuinness, “Open Research Online Investigating the assessment of soft skills development within STEAM based learning EMA-E822.”
- [37] N. O. Abdulwahid, S. Fakhfakh, and I. Amous, “Simulating and Predicting Students’ Academic Performance Using a New Approach based on STEAM Education,” *Journal of Universal Computer Science*, vol. 28, no. 12, pp. 1252–1281, 2022, doi: 10.3897/JUCS.86340.

- [38] M. Saimon, Z. Lavicza, T. Houghton, F. Mtenzi, and P. Carranza, "A model for utilising crises-related issues to facilitate transdisciplinary outdoor STEAM education for sustainability in integrated mathematics, language arts and technology classrooms," Dec. 01, 2025, *Discover*. doi: 10.1007/s44217-025-00405-w.
- [39] M. Veziroglu-Celik, S. Ozkaya, G. Kacar, and Z. E. Senturk, "STEAM in Early Childhood: An Analysis Towards Teachers' and Children's Perspectives," *Early Child Educ J*, 2025, doi: 10.1007/s10643-025-01897-9.
- [40] K. Chappell, L. Hetherington, S. Juillard, C. Aguirre, and E. Duca, "A framework for effective STEAM education: Pedagogy for responding to wicked problems," *International Journal of Educational Research Open*, vol. 9, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.ijedro.2025.100474.
- [41] T. Jatnkoon, K. Jantakun, T. Jantakun, and R. Pasmala, "STEAM Micro-learning Model based on Massive Open Online Courses with Augmented Reality Technology to enhance Creativity and Innovation," *Higher Education Studies*, vol. 15, no. 2, p. 321, Apr. 2025, doi: 10.5539/hes.v15n2p321.
- [42] Y. J. Wu, C. H. Wu, and K. L. Peng, "Effects of Creativity Styles on Learning Engagement and Motivation in STEAM Education," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 17, no. 6, Mar. 2025, doi: 10.3390/su17062755.
- [43] "TypeScript: How to set up TypeScript." Accessed: Apr. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.typescriptlang.org/download/>
- [44] K. J. Theisen, "Programming languages in chemistry: A review of HTML5/JavaScript," *J Cheminform*, vol. 11, no. 1, Feb. 2019, doi: 10.1186/s13321-019-0331-1.
- [45] K. Kowalczyk and T. Szandala, "Enhancing SEO in Single-Page Web Applications in Contrast With Multi-Page Applications," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 11597–11614, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3355740.

- [46] A. Kaur and K. Kaur, "Systematic literature review of mobile application development and testing effort estimation," Feb. 01, 2022, *King Saud bin Abdulaziz University*. doi: 10.1016/j.jksuci.2018.11.002.
- [47] "AR.js Documentation." Accessed: Apr. 22, 2025. [Online]. Available: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>
- [48] "Creating a scene - three.js manual." Accessed: Apr. 22, 2025. [Online]. Available: <https://threejs.org/manual/#en/creating-a-scene>