

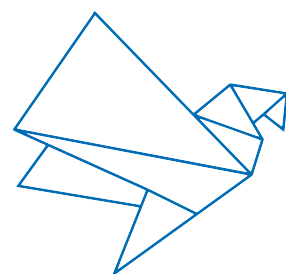


Corporación Universitaria
Autónoma del Cauca

MANUAL DE USUARIO

PROYECTAR

SIMULACIÓN DE MOVIMIENTO PARABÓLICO
EN REALIDAD AUMENTADA



EDITORIAL
UNIAUTÓNOMA



CRÉDITOS EDITORIALES

Autores	Cristhian Mauricio Lozano Trochez ¹ Lisbeth Camila Moore Salinas ¹
Coautores	Carol Stephany Certuche Arenas ^{2*} Zulema Yidney Leon Escobar ¹
<div><div>¹ Escuela de Tecnología, Programa de Ingeniería de Software y Computación</div><div>² Escuela de Ingeniería y Sostenibilidad, Programa de Ingeniería Civil</div><div>Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Popayán - Cauca</div></div>	
*Correo del autor de correspondencia: ORCID:	carol.certuche.a@uniautonomia.edu.co https://orcid.org/0009-0008-3429-8083
	
<p>© Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, 2026. © Cristhian Mauricio Lozano Trochez, Lisbeth Camila Moore Salinas, Carol Stephany Certuche Arenas, Zulema Yidney Leon Escobar</p> <p>ISBN Digital: 978-628-7940-09-3</p> <p>Primera edición en español. Sello Editorial Uniautónoma del Cauca [Septiembre], 2026</p>	

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Requerimientos	2
3. Fundamentación física	3
3.1. Ecuaciones y cálculos del movimiento	5
4. Descripción y funcionamiento de la aplicación	8
4.1. Pantalla de inicio (video de bienvenida)	9
4.2. Menú principal	10
4.3. Pantalla: Caso 1 (sin altura inicial)	11
4.3.1. Pantalla: Caso 1 simulación	12
4.4. Pantalla: Caso 2 (con altura inicial)	13
4.4.1. Pantalla: Caso 2 simulación	14
5. Limitaciones de la aplicación	15
6. Taller práctico de tiro parabólico usando RA	17
6.1. Propósito	17
6.2. Introducción	17
6.3. Objetivos de la práctica	18
6.4. Materiales	19
6.5. Actividad experimental	20
7. Reto ProjectAR	23
8. Rúbrica de evaluación	24
Agradecimientos	26
Bibliografía	27





PROPÓSITO DEL MANUAL

Este manual tiene como propósito ofrecer a docentes y estudiantes de ingeniería un recurso didáctico para explorar y analizar el movimiento parabólico mediante la aplicación móvil ProyectAR, integrando la modelación matemática, la experimentación y la Realidad Aumentada como estrategias para favorecer la comprensión de los fenómenos asociados a la cinemática.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de la realidad aumentada como herramienta educativa ha ganado relevancia en la enseñanza de las ciencias, al integrar elementos del entorno real con representaciones virtuales que favorecen la exploración y comprensión de fenómenos físicos. Esta tecnología ofrece nuevas posibilidades para abordar conceptos que, por su naturaleza abstracta, pueden resultar difíciles de representar mediante recursos tradicionales (Festiawan et al., 2025).

ProyectAR incorpora la realidad aumentada al estudio del tiro parabólico mediante una aplicación móvil que permite visualizar la trayectoria de un proyectil directamente sobre el entorno físico, a través de la cámara del dispositivo. La aplicación contempla situaciones de lanzamiento con y sin altura inicial y permite incorporar obstáculos para explorar diferentes condiciones de impacto, superación y alcance del objeto en la trayectoria. Esta propuesta se enmarca en experiencias previas como la de Parroquín Amaya et al. (2016), quienes desarrollaron una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza del tiro parabólico y encontraron una ganancia de aprendizaje mayor en el grupo que trabajó con RA frente al grupo con metodología tradicional.

La propuesta está orientada al desarrollo de experiencias de aprendizaje en las que la simulación, la interacción y la observación se articulan con los fundamentos matemáticos de la cinemática (Soto Pedraza, 2024). De esta manera, ProyectAR busca favorecer una aproximación más visual y contextualizada al movimiento parabólico, estableciendo una relación entre su representación matemática, el comportamiento simulado del proyectil y la percepción del fenómeno en un espacio físico mediante realidad aumentada.



2. REQUERIMIENTOS

Sistema operativo compatible

La aplicación sirve solo en Android y requiere que el dispositivo cuente con una cámara funcional, Android 7.0 o superior y compatibilidad con ARCore. Es importante aclarar que no todos los dispositivos con Android 7.0 o superior son compatibles con ARCore, ya que esta tecnología depende de las características de la cámara, sensores, procesador y demás componentes del dispositivo.

Permisos necesarios

Durante la primera ejecución el sistema solicitará permisos de acceso a la cámara. Es indispensable concederlos para el correcto funcionamiento del modo RA.

Conocimientos Previos

Se recomienda que el usuario tenga conocimientos básicos en física, particularmente en los siguientes temas:

- Descomposición de vectores.
- Conceptos matemáticos del movimiento parabólico.
- Interpretación de gráficas.
- Manejo de unidades.



3. FUNDAMENTACIÓN FÍSICA

¿QUE ES EL MOVIMIENTO PARABÓLICO?

El movimiento parabólico es el movimiento que describe un proyectil cuando es lanzado con una velocidad inicial y un determinado ángulo respecto a la horizontal. Su trayectoria tiene forma de parábola debido a la combinación de dos movimientos que ocurren simultáneamente (Serway y Jewett, 2019, p. 74).

En el eje horizontal (X), el proyectil mantiene una velocidad constante, mientras que en el eje vertical (Y) su movimiento está afectado por la aceleración de la gravedad. Por esta razón, la velocidad vertical cambia durante el recorrido: disminuye durante el ascenso, se hace momentáneamente cero en la altura máxima y aumenta durante el descenso. Este comportamiento puede modelarse combinando conocimientos de cinemática, cálculo y geometría analítica para obtener una ecuación que describa la trayectoria (Soto Pedraza, 2024).

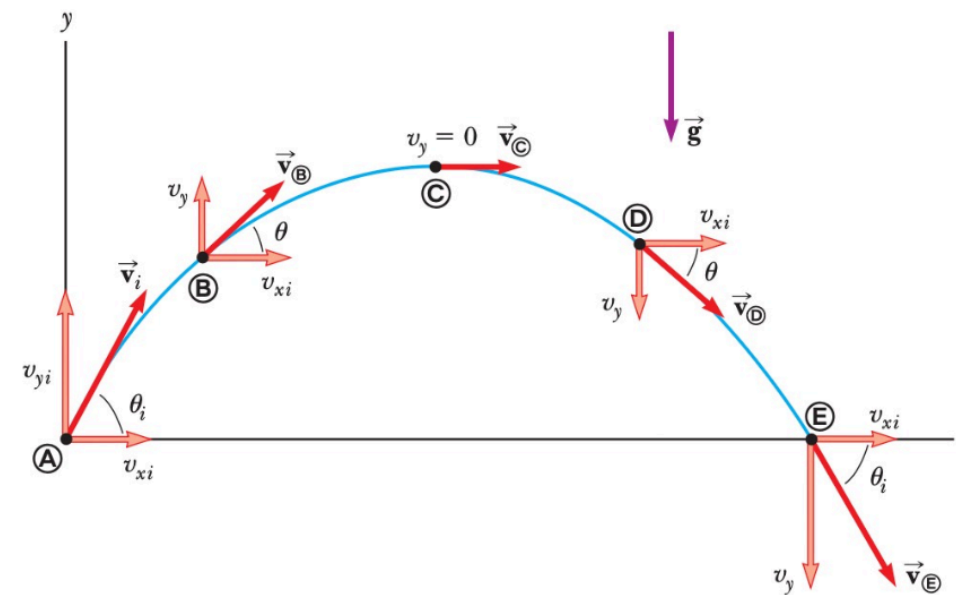


Figura 1. Trayectoria parabólica de un proyectil que sale del origen con velocidad $\vec{v}_i$. El vector velocidad $\vec{v}$ cambia con el tiempo tanto en magnitud como en dirección. Este cambio es el resultado de la aceleración en la dirección y negativa (Serway y Jewett, 2008, Figura 4.7, p. 77).



3. FUNDAMENTACIÓN FÍSICA

El comportamiento del proyectil depende principalmente de la velocidad inicial (V_0), el ángulo de lanzamiento (θ), la altura inicial (y_0) y la aceleración de la gravedad (g). Estos parámetros permiten determinar características importantes como la trayectoria, el tiempo de vuelo, el alcance horizontal y la altura máxima.

El análisis puede realizarse tanto para un lanzamiento que inicia y termina sobre el mismo nivel, denominado tiro parabólico completo, como también para situaciones en las que el proyectil parte desde una altura inicial diferente al nivel de llegada. Esta consideración permite estudiar diferentes condiciones de lanzamiento y aproximar situaciones presentes en diversos escenarios físicos.

En ProjectAR, estos fundamentos físicos se aplican para generar una representación interactiva del movimiento parabólico mediante Realidad Aumentada. El usuario puede modificar los parámetros de lanzamiento y observar cómo estos cambios afectan la trayectoria del proyectil en el entorno real.

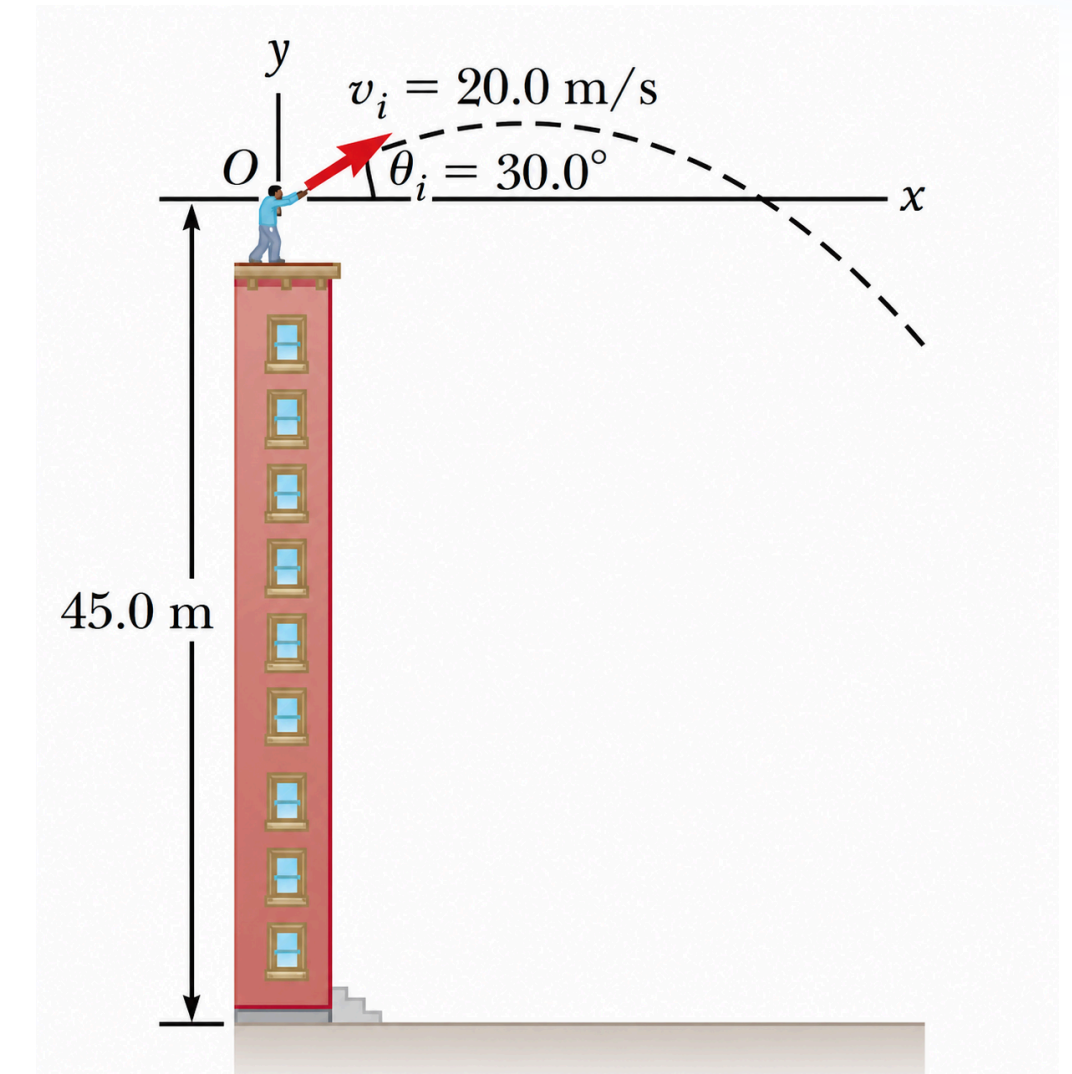


Figura 2. Se lanza una piedra desde la parte superior de un edificio (Serway y Jewett, 2019, Figura 4.14, p. 79).



3.1. ECUACIONES Y CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO

Para el desarrollo de los cálculos y la simulación del movimiento parabólico, ProjectAR considera un valor constante para la aceleración gravitacional y las siguientes variables asociadas al movimiento:

Valor de la gravedad

Para todos los cálculos realizados por ProjectAR se utiliza el valor estándar de la aceleración gravitacional, g , considerada constante durante toda la simulación.

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Variables utilizadas

- V_0 : velocidad inicial, expresada en m/s.
- θ : ángulo de lanzamiento, expresado en grados.
- y_0 : altura inicial, expresada en metros.
- g : aceleración de la gravedad, expresada en m/s^2 .
- X_{max} : alcance horizontal, expresado en metros.
- H_{max} : altura máxima alcanzada por el proyectil, expresada en metros.

3.1. ECUACIONES Y CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO

Las ecuaciones de movimiento utilizadas en ProjectAR para calcular las velocidades, posiciones y tiempos se fundamentan en los principios físicos que describen el movimiento parabólico. Estas relaciones permiten determinar el comportamiento del proyectil y representar su trayectoria de acuerdo con las condiciones iniciales establecidas.

Descomposición de la velocidad inicial

La velocidad inicial se divide en dos componentes:

$$V_x = V_0 \cdot \cos(\theta) \quad V_0 \text{ representa la velocidad inicial}$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin(\theta) \quad \theta \text{ representa el ángulo de lanzamiento.}$$

Cálculos de posición

$$x = V_x \cdot t \quad \text{Posición horizontal.}$$

$$y - y_0 = V_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{Posición vertical.}$$



3.1. ECUACIONES Y CÁLCULOS DEL MOVIMIENTO

Cálculos de la velocidad final

$$V_x = V_0 \cos(\theta) \quad \text{Velocidad componente horizontal.}$$

$$V_y = V_0 \sin(\theta) - g \cdot t \quad \text{Velocidad componente vertical.}$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad \text{Rapidez.}$$

Las siguientes ecuaciones permiten determinar las condiciones de posible impacto del proyectil con un objeto, particularmente cuando se incorpora una pared como obstáculo en la trayectoria.

Cálculo de posible impacto

$$t = x_{\text{pared}} / (V_0 \cdot \cos(\theta)) \quad \text{Tiempo para llegar a la pared.}$$

$$y = y_0 + V_0 \cdot \sin(\theta) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{Altura del proyectil al llegar a la pared.}$$

Condiciones:

- Si $y < y_{\text{pared}}$, impacta en la pared.
- Si $y > y_{\text{pared}}$, pasa por encima.
- Si $x_{\text{max}} < x_{\text{pared}}$, no alcanza la pared.

4. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN





4.1. PANTALLA DE INICIO (VIDEO DE BIENVENIDA)

Al abrir la app se presenta un video introductorio que da la bienvenida al usuario con el mensaje:

“Bienvenido a la aplicación de movimiento parabólico en Realidad Aumentada”.



Figura 3. Pantalla de inicio de la aplicación ProjectAR.

4.2. MENÚ PRINCIPAL

Una vez cargada la aplicación, se presenta la pantalla que da acceso a los dos modos principales de simulación.

1. Título de pantalla.
2. Botón Caso 1: Acceso al apartado de simulación sin altura inicial.
3. Botón Caso 2: Acceso al apartado de simulación con altura inicial.
4. Botón Acerca de la Aplicación: Acceso a información de la app.
5. Botón Creadores: Acceso información de creadores.



Figura 4. Menú principal de la aplicación ProjectAR.



Figura 5. Pantalla del Caso 1:
sin altura inicial.

4.3. PANTALLA: CASO 1 SIN ALTURA INICIAL

Permite al usuario simular el movimiento parabólico de un proyectil en entorno de Realidad Aumentada (RA), ingresando los parámetros necesarios y visualizando los resultados de forma interactiva sobre una superficie real.

- 6. Icono flecha: regresa a la pantalla principal
- 7. Título: indica el caso seleccionado (“Sin altura inicial”).
- 8. Campo de entrada: velocidad inicial del proyectil (v_0).
- 9. Campo de entrada: ángulo de lanzamiento (θ).
- 10. Casilla de verificación: activa o desactiva la opción de obstáculo.

En caso de activar la casilla de obstáculo:

- 10.1. Campo de entrada: altura del obstáculo (metros).
- 10.2. Campo de entrada: distancia de obstáculo (metros).
- 11. Botón “Continuar”: permite avanzar a la simulación en Realidad Aumentada.



4.3.1. PANTALLA: CASO 1 SIMULACIÓN

Esta pantalla permite visualizar en Realidad Aumentada el comportamiento de la trayectoria parabólica proyectada directamente en el entorno real mediante la cámara del dispositivo. La simulación se genera a partir de los parámetros ingresados por el usuario: velocidad inicial, ángulo de lanzamiento, altura inicial y posición del obstáculo.

- 12. Controles de simulación: botones para Colocar, Play, Pausar/Reanudar y Reiniciar la animación.
- 13. Panel de resultados: muestra datos calculados en tiempo real, como tiempo, posición, velocidad y altura máxima.
- 14. Trayectoria parabólica: línea visual que representa el recorrido del proyectil en el entorno real.
- 15. Obstáculo virtual: elemento tridimensional que simula una pared para evaluar colisión o paso del proyectil.

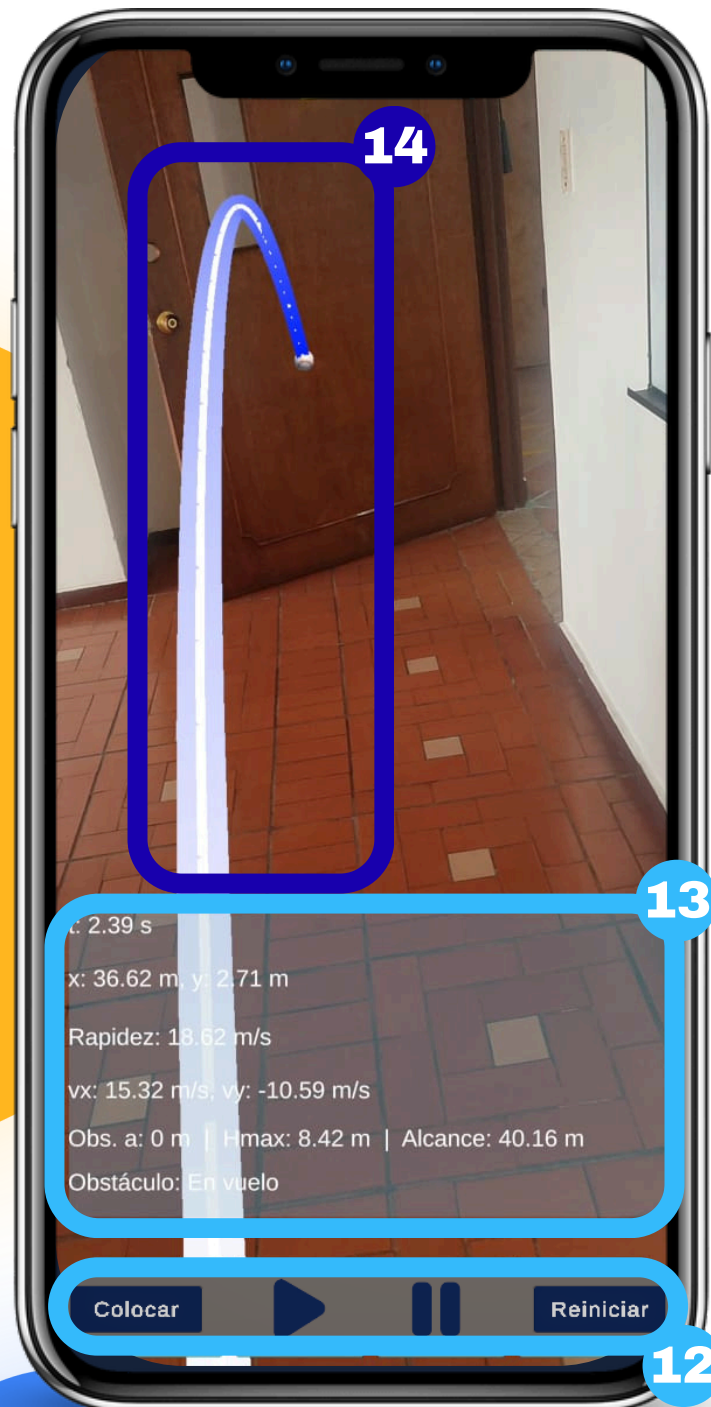


Figura 6. Simulación del movimiento parabólico sin obstáculo

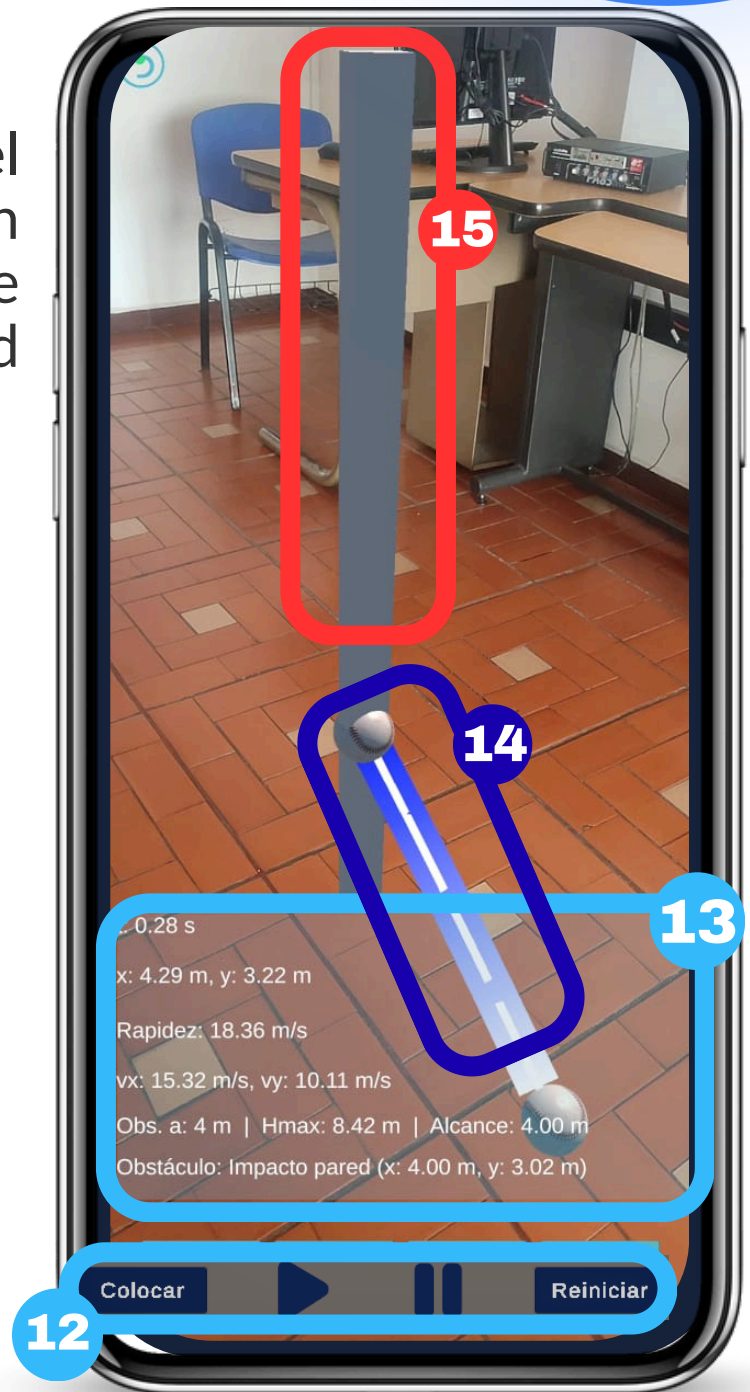


Figura 7. Simulación del movimiento parabólico con colisión en el obstáculo.



4.4 PANTALLA: CASO 2 CON ALTURA INICIAL

Este módulo permite simular en Realidad Aumentada un lanzamiento parabólico desde una posición elevada, incorporando la altura inicial, el ángulo de lanzamiento y la posibilidad de agregar una pared virtual para analizar colisiones en el entorno real.

- 16. Icono flecha: regresa a la pantalla principal
- 17. Título: indica el caso seleccionado (“Con altura inicial”).
- 18. Campo de entrada: velocidad inicial del proyectil (v_0).
- 19. Campo de entrada: ángulo de lanzamiento (θ).
- 20. Campo de entrada: altura inicial del proyectil (y_0).
- 21. Casilla de verificación: activa o desactiva la opción de obstáculo.

En caso de activar la casilla de obstáculo:

- 21.1. Campo de entrada: altura del obstáculo (metros).
- 21.2. Campo de entrada: distancia de obstáculo (metros).
- 22. Botón “Continuar”: permite avanzar a la simulación en Realidad Aumentada



Figura 8. Pantalla del Caso 2: con altura inicial.



Figura 9. Simulación del movimiento parabólico en Realidad Aumentada.

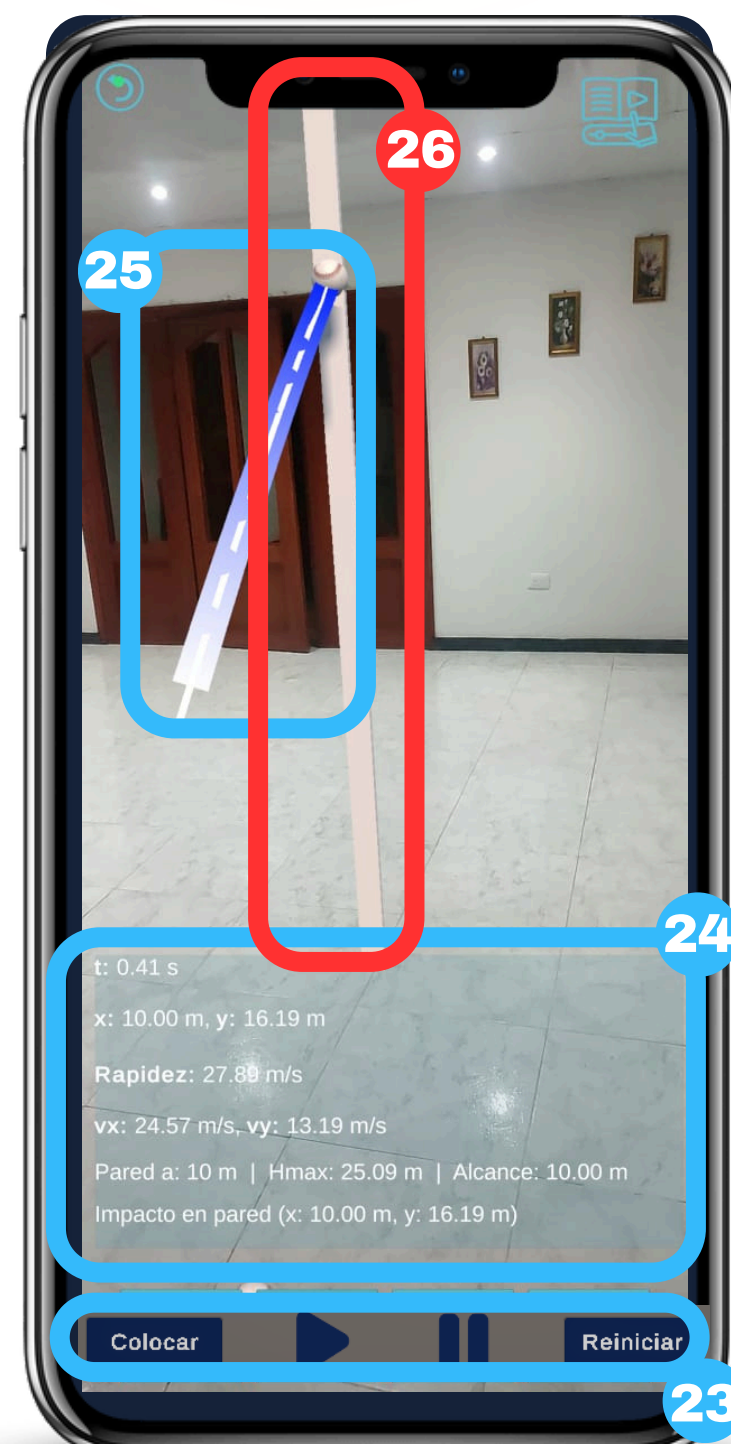


Figura 10. Simulación del movimiento parabólico con obstáculo.

4.4.1. PANTALLA: CASO 2 SIMULACIÓN

Esta pantalla permite observar en Realidad Aumentada la trayectoria del proyectil lanzado desde una altura inicial distinta de cero, con la opción de incluir o no un obstáculo virtual (pared) dentro del entorno real.

El usuario puede explorar el recorrido del proyectil desde distintos ángulos y posiciones, integrando los elementos simulados con el mundo físico.

- 23. Controles de simulación: botones para Colocar, Play, Pausar/Reanudar y Reiniciar la animación.
- 24. Panel de resultados: muestra datos calculados en tiempo real, como tiempo, posición, velocidad y altura máxima.
- 25. Trayectoria parabólica: línea visual que representa el recorrido del proyectil en el entorno real.
- 26. Obstáculo virtual: elemento tridimensional que simula una pared para evaluar colisión o paso del proyectil.



5. LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN

Aunque ProjectAR permite visualizar y analizar el movimiento parabólico de manera interactiva, la simulación presenta algunas limitaciones derivadas tanto de las condiciones del modelo físico como de las características del dispositivo.

LIMITACIONES FÍSICAS

- La simulación considera una aceleración de la gravedad constante de $9,8 \text{ m/s}^2$.
- Se desprecia la resistencia del aire, por lo que el proyectil se comporta como un objeto ideal.
- No se consideran factores como viento, rozamiento, rotación o efecto Magnus.
- El movimiento se analiza bajo un modelo bidimensional, considerando únicamente las componentes horizontal y vertical.
- Los cálculos corresponden a condiciones ideales y pueden presentar diferencias respecto al comportamiento de un proyectil real.

LIMITACIONES DE LOS PARÁMETROS

La limitación está dada exclusivamente para el ángulo de lanzamiento y la velocidad inicial, los otros parámetros no tienen limitaciones.

- Ángulo de lanzamiento (θ): de 1° a 89° .
- Velocidad inicial: mayor que 0.



5. LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN

DISTANCIAS Y CONDICIONES ESPECIALES

La distancia del obstáculo debe ser siempre mayor que 0 m. La aplicación valida este valor y no permite continuar con la simulación cuando se ingresa una distancia igual a 0 m.

Asimismo, la distancia recorrida por el proyectil se obtiene mediante el cálculo del alcance a partir de la velocidad, el ángulo, la altura inicial y la gravedad.

LIMITACIONES DE REALIDAD AUMENTADA

- El funcionamiento depende de que el dispositivo sea compatible con ARCore.
- Se requiere una cámara funcional y sensores adecuados para el reconocimiento del entorno.
- La detección y colocación de la simulación puede verse afectada por poca iluminación, superficies inadecuadas o movimiento excesivo de la cámara.
- La precisión de la representación en el entorno real puede variar según las características del dispositivo.

CONSIDERACIONES DE USO

La aplicación tiene un propósito educativo y demostrativo, por lo que sus resultados deben interpretarse como una representación aproximada del movimiento parabólico bajo condiciones ideales y no como una medición experimental de un proyectil real.

6. TALLER PRÁCTICO DE TIRO PARABÓLICO USANDO RA

6.1. PROPÓSITO

Orientar al docente en el uso de la aplicación ProyectAR como recurso didáctico para desarrollar una práctica experimental de tiro parabólico, mediante la exploración, modificación y análisis de las variables que intervienen en el movimiento de un proyectil.

6.2. INTRODUCCIÓN

Este taller busca apoyar al docente en su labor, de tal manera que permita pasar de la representación matemática tradicional a la visualización del movimiento parabólico en un entorno real mediante realidad aumentada.



6. TALLER PRÁCTICO DE TIRO PARABÓLICO USANDO RA

6.3. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

Objetivo general

Analizar experimentalmente el comportamiento del tiro parabólico mediante la aplicación ProyectAR, relacionando las variables de lanzamiento con la trayectoria y las magnitudes físicas obtenidas durante la simulación.

Objetivos específicos

- Identificar las variables que intervienen en el movimiento parabólico.
- Analizar la influencia de la velocidad inicial, el ángulo y la altura de lanzamiento sobre la trayectoria.
- Comparar el comportamiento del proyectil bajo diferentes condiciones iniciales.
- Analizar la posición, velocidad, rapidez y tiempo durante el movimiento.
- Relacionar los resultados obtenidos mediante la aplicación con el modelo matemático del tiro parabólico.
- Analizar las condiciones necesarias para que un proyectil supere o impacte un obstáculo.

6.4. MATERIALES

- Dispositivo móvil compatible con ProjectAR.
- Aplicación ProjectAR instalada.
- Espacio físico con una superficie plana.
- Guía de laboratorio.
- Calculadora.
- Hoja de registro de datos o formato digital.



6.5. ACTIVIDAD EXPERIMENTAL.

Experimento 1. Influencia del ángulo de lanzamiento

Mantener constantes: velocidad inicial, altura inicial y modificar: ángulo de lanzamiento. Por ejemplo, ver la tabla 1:

Tabla 1. Valores de ensayo para el Experimento 1: Influencia del ángulo de lanzamiento

Ensayo	Velocidad Inicial	Ángulo	Altura
1	10 m/s	30°	0 m
2	10 m/s	45°	0 m
3	10 m/s	60°	0 m

Nota. Elaboración propia. Valores de ejemplo con velocidad inicial y altura constantes, variando el ángulo de lanzamiento.

El estudiante observa la trayectoria mediante AR y registra:

Alcance, altura máxima, tiempo de vuelo y velocidad antes del impacto.

Pregunta de análisis:

¿En qué condición se obtiene el mayor alcance y por qué?

Experimento 2. Influencia de la velocidad inicial.

Mantener constantes: ángulo, altura inicial. Modificar la velocidad inicial. Por ejemplo, ver la tabla 2:

Tabla 2. Valores de ensayo para el Experimento 2: Influencia de la velocidad inicial

Ensayo	Velocidad Inicial	Ángulo	Altura
1	8 m/s	45°	0 m
2	10 m/s	45°	0 m
3	12 m/s	45°	0 m

Nota. Elaboración propia. Valores de ejemplo con ángulo y altura constantes, variando la velocidad inicial.

Los estudiantes deben observar cómo cambia la trayectoria y determinar qué ocurre con el alcance y el tiempo de vuelo.

Pregunta de análisis:

¿Qué relación existe entre la velocidad inicial y el alcance horizontal?

Experimento 3. ¿Supera o impacta el proyectil?

Esta actividad aprovecharía una característica particular de ProjectAR: la incorporación de una pared/obstáculo.

Plantear una situación problema:

Un proyectil es lanzado desde una determinada posición y debe superar una pared ubicada a cierta distancia.

¿Qué condiciones iniciales permiten superar el obstáculo?

El estudiante deberá experimentar modificando:

Velocidad inicial, ángulo, altura inicial. Y determinar cuáles combinaciones permiten: Impactar la pared / superar la pared.

Esto convierte la actividad en una especie de reto experimental.

Preguntas de análisis

- ¿Qué variable tiene mayor influencia sobre el alcance horizontal?
- ¿Qué ocurre con la altura máxima cuando aumenta el ángulo?
- ¿Qué ocurre con la trayectoria al incrementar la velocidad inicial?
- ¿Por qué dos proyectiles pueden tener diferentes trayectorias y alcanzar una misma posición horizontal?
- ¿Qué condiciones permiten superar el obstáculo?
- ¿Qué diferencias existen entre los resultados matemáticos y los obtenidos mediante la aplicación?
- ¿Qué ventajas ofrece la visualización mediante realidad aumentada frente a una representación bidimensional tradicional?



7. RETO PROYECTAR

Diseñe una configuración de lanzamiento que permita superar una pared ubicada a determinada distancia, utilizando la menor velocidad inicial posible.

Para esto el docente puede establecer las condiciones y los estudiantes deben encontrar experimentalmente la solución. Esto permite trabajar experimentación, formulación de hipótesis, modificación de variables, análisis de resultados y toma de decisiones, en lugar de limitarse a seguir instrucciones.



8. RÚBRICA DE EVALUACIÓN

La siguiente rúbrica es una herramienta de evaluación dirigida a los docentes, diseñada para calificar de manera objetiva el desempeño de los estudiantes durante el desarrollo del Reto ProjectAR. Considera criterios como el uso de la aplicación, la aplicación de conceptos físicos, la experimentación y el análisis de resultados, tal como se muestra en la Tabla 3.



Tabla 3. Rúbrica de evaluación para el Reto ProjectAR

Criterio	Alto (4)	Medio (3)	Básico (2)	Bajo (1)	%
Uso de ProjectAR	Utiliza ProjectAR de forma autónoma y aprovecha sus funciones para explorar y analizar el movimiento.	Utiliza adecuadamente las principales funciones de ProjectAR.	Requiere orientación para configurar y utilizar la aplicación.	Presenta dificultades para utilizar ProjectAR.	20%
Aplicación de conceptos físicos	Relaciona correctamente las variables de ProjectAR con los principios y ecuaciones del tiro parabólico.	Relaciona las variables con los principales conceptos físicos.	Presenta algunas dificultades para establecer estas relaciones.	No logra relacionar las variables con el fenómeno físico.	25%
Experimentación y análisis	Modifica sistemáticamente las variables, compara escenarios e interpreta los cambios observados en la aplicación	Realiza comparaciones e identifica los principales cambios en la trayectoria.	Realiza una exploración limitada de las variables.	No desarrolla un análisis experimental adecuado.	25%
Interpretación de resultados	Contrasta los resultados de ProjectAR con el modelo matemático y explica las diferencias encontradas.	Compara adecuadamente los resultados obtenidos.	Realiza una comparación parcial.	No relaciona los resultados de la aplicación con el modelo matemático.	20%
Conclusiones	Formula conclusiones fundamentadas en la experimentación y en los resultados obtenidos con la aplicación.	Presenta conclusiones coherentes con la experiencia.	Presenta conclusiones generales.	Las conclusiones no se relacionan con la experiencia.	10%

Escala de valoración:

- 4 – Alto: desempeño sobresaliente
- 3 – Medio: desempeño satisfactorio
- 2 – Básico: desempeño en proceso
- 1 – Bajo: desempeño insuficiente.

Valoración final:

La calificación se obtiene aplicando el porcentaje asignado a cada criterio.

Nota. Elaboración propia.



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca por el respaldo institucional brindado para el desarrollo de la aplicación ProyectAR y la elaboración del presente manual, en el marco de los programas de Ingeniería de Software y Computación e Ingeniería Civil.

Un reconocimiento especial a las docentes y directoras de proyecto que orientaron el proceso de investigación y desarrollo, por sus aportes conceptuales y metodológicos en la fundamentación física y pedagógica de la herramienta.

Finalmente se agradece a los estudiantes y docentes que participaron en las pruebas piloto de la aplicación, cuyas observaciones permitieron mejorar la experiencia de uso y la claridad de este manual.



BIBLIOGRAFÍA

Festiawan, R., Suherman, W. S., Hastuti, T. A., Sumanto, E., Tresnowati, I., Panggraita, G. N., Syahrir, S., Rahman, T., Prabowo, E., & Hasibuan, M. H. (2025). Integración de la realidad aumentada en la educación física: un estudio comparativo sobre métodos de aprendizaje tradicional y asistido por tecnología. *Retos*, 69, 873-883. <https://doi.org/10.47197/retos.v69.114639>

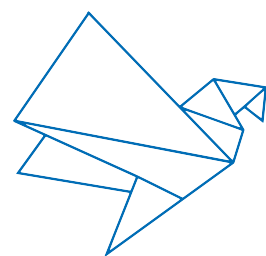
Parroquín Amaya, P., Ramírez Sánchez, J., González Demoss, V., & Mendoza Carreón, A. (2016). Aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la física. *Cultura Científica y Tecnológica*, (51). <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/953>

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). Física para ciencias e ingeniería (Vol. 1, 7.^a ed.). Cengage Learning.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). Física para ciencias e ingeniería (Vol. 1, 10.^a ed.). Cengage Learning.

Soto Pedraza, P. de J. (2024). Combinación de la física y la matemática para el modelado de un movimiento parabólico. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 12(24), 16-19. <https://doi.org/10.29057/prepa4.v12i24.12675>

Gracias



EDITORIAL
UNIAUTÓNOMA