

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Física / Escuela de Ciencias Exactas y Naturales

FI1101 – Física General I

PROYECTO

II SEMESTRE 2026

Análisis experimental y modelado del
movimiento de proyectiles en dos
dimensiones mediante video análisis
con **FizziQ**

Contenido

Propósito del proyecto	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Modalidad de trabajo	5
Descripción general	5
Desarrollo del proyecto	6
Captura de video y recolección de datos en FizziQ	6
Calibración y exportación de coordenadas cartesianas	7
Modelado algebraico y representación numérica.....	8
Construcción del modelo cinemático	8
Componentes, magnitudes y ecuaciones de ajuste	9
Validación experimental del modelo mediante el módulo cinemático de FizziQ	10
Extracción geométrica de la trayectoria en FizziQ	10
Análisis de coherencia	10
Análisis e interpretación física.....	11
Estructura del informe técnico	11
Bitácora de trabajo (documento independiente)	12
Evaluación.....	13

Propósito del proyecto

El proyecto tiene como propósito que el estudiantado analice experimentalmente el movimiento de un proyectil en dos dimensiones mediante técnicas de video análisis, utilizando la aplicación

FizziQ (<https://www.fizziq.org/es/>).

A partir de las coordenadas espaciales obtenidas experimentalmente, cada equipo construirá un modelo cinemático del movimiento mediante representaciones vectoriales y ecuaciones para la posición, velocidad y aceleración. Los resultados experimentales serán comparados con el modelo ideal del movimiento de proyectiles, considerando la influencia de las condiciones experimentales y las principales fuentes de error e incertidumbre.

Al finalizar el proyecto, se espera que el estudiantado sea capaz de:

- Representar el movimiento de un proyectil mediante vectores en un sistema cartesiano.
- Obtener y procesar datos experimentales mediante técnicas de video análisis.
- Determinar posiciones, desplazamientos, velocidades y aceleraciones a partir de datos experimentales.
- Construir y evaluar modelos matemáticos usados para describir el movimiento.
- Utilizar regresiones lineales y cuadráticas para determinar parámetros cinemáticos.
- Comparar resultados experimentales con predicciones teóricas.
- Identificar y analizar fuentes de error e incertidumbre experimental.
- Comunicar resultados mediante un informe técnico con lenguaje científico.
- Asimismo, el proyecto contribuirá al desarrollo del atributo institucional Trabajo individual y en equipo (TE) en nivel inicial.

Objetivos

Objetivo general

Analizar experimentalmente el movimiento de un proyectil en dos dimensiones mediante video análisis con **FizziQ** y herramientas de procesamiento de datos, con el fin de construir y evaluar un modelo cinemático a partir de la comparación entre los resultados experimentales y las predicciones del modelo ideal.

Objetivos específicos

1. Obtener mediante video análisis las coordenadas de posición de un proyectil en función del tiempo.
 2. Determinar los vectores posición, desplazamiento y velocidad, así como la aceleración, a partir de los datos experimentales obtenidos.
 3. Construir el modelo cinemático del movimiento del proyectil mediante las ecuaciones correspondientes para las componentes horizontal y vertical.
 4. Determinar experimentalmente parámetros cinemáticos del movimiento mediante ajustes lineales y cuadráticos de los datos experimentales.
 5. Comparar los parámetros obtenidos experimentalmente con los valores predichos por el modelo cinemático ideal.
 6. Identificar y analizar las principales fuentes de error e incertidumbre asociadas con la captura, calibración y procesamiento del video.
-

Modalidad de trabajo

- Trabajo en equipos de 3 ó 4 personas, según indicación de la persona docente.
 - Cada integrante deberá participar tanto en las actividades experimentales como en el procesamiento y análisis de datos. La distribución de responsabilidades deberá quedar registrada en la bitácora.
 - Se deben entregar dos documentos independientes en formato PDF:
 1. Informe técnico del proyecto.
 2. Bitácora de trabajo (según plantilla oficial de la cátedra).
 - Fecha de entrega: viernes 25 setiembre, 2026.
-

Descripción general

Cada equipo deberá:

- Diseñar y registrar, en video, un experimento en donde un objeto cotidiano describa una trayectoria parabólica clara (por ejemplo, el lanzamiento de una pelota de tenis o un objeto pequeño).
- Analizar el video utilizando la herramienta de cinemática integrada de la aplicación **FizziQ** para extraer las coordenadas cartesianas (x, y) de la partícula en función del tiempo t .
- Modelar analíticamente las posiciones, utilizando notación vectorial.
- Calcular desplazamientos vectoriales, componentes rectangulares, magnitudes, rapidez instantánea y aceleración promedio.
- Representar gráficamente los resultados en **FizziQ** (visualización cinemática en tiempo real y cuaderno digital).
- Analizar e interpretar físicamente los resultados obtenidos.
- Responder: ¿En qué medida los datos experimentales obtenidos mediante video análisis son consistentes con el modelo cinemático ideal del movimiento de un proyectil?

Desarrollo del proyecto

Captura de video y recolección de datos en FizziQ

Cada equipo deberá:

1. Grabar un clip de video de un lanzamiento parabólico utilizando su dispositivo móvil. La cámara deberá permanecer fija y orientada de manera aproximadamente perpendicular al plano en el que se desarrolla el movimiento del proyectil, procurando minimizar los efectos de perspectiva y paralaje. Además, la cámara debe de estar fija, evite zoom durante la grabación, debe de tener iluminación suficiente, el proyectil debe de estar claramente distinguible del fondo, debe de incluir toda la trayectoria, y evitar que el objeto de referencia se encuentre en un plano diferente al de movimiento.

Incluir en la escena un objeto de longitud conocida (regla, cinta métrica o un patrón claro de un metro) **claramente visible durante el video**, que servirá como la escala de calibración dentro de la aplicación.

2. Importar el video en el módulo de Análisis Cinemático de la aplicación FizziQ.
3. Marcar al menos 15 puntos experimentales distribuidos a lo largo de toda la trayectoria observable, desde que el proyectil inicia su vuelo libre hasta inmediatamente antes de tocar el suelo. Los puntos deberán incluir, en la medida de lo posible, posiciones correspondientes a las etapas inicial, ascendente, cercana a la altura máxima y descendente del movimiento.

4. Registrar y organizar los datos obtenidos en una tabla con el siguiente formato:

Tabla 1. Datos de posición horizontal, posición vertical y tiempo

Fotograma / Punto	Tiempo t (s)	Posición x (m)	Posición y (m)
1 (Origen)	0,00		
2			
...			

Calibración y exportación de coordenadas cartesianas

El equipo deberá:

1. Definir un sistema de referencia: Configurar el origen de coordenadas (0,0) en el punto inicial del lanzamiento directamente dentro de la aplicación **FizziQ**.
2. Aplicar la herramienta de escala de **FizziQ** trazando una línea sobre el objeto de longitud conocida para convertir la escala de píxeles del video a metros del mundo real.
3. Después de calibrar, se debe buscar el inicio del movimiento parabólico en el video y donde está el objeto se deja el dedo apretando la pantalla, hasta que aparezca un tiempo en el video (lo cual indica que el punto ya se guardó), y así sucesivamente en el video, hasta obtener al menos 15 puntos de análisis. No olvidar escoger las opciones $t(s)$, $x(m)$, $y(m)$ en la opción resultados.
4. Expresar todas las posiciones resultantes en coordenadas cartesianas (x,y) en metros y tiempo en segundos.

Se debe incluir en el informe:

- Captura de pantalla de la calibración realizada en .
- Explicar el procedimiento utilizado para convertir las coordenadas obtenidas en píxeles a unidades del Sistema Internacional, indicando la longitud de referencia utilizada y verificando que dicha escala sea consistente con las dimensiones conocidas presentes en la escena.
- Tabla con las posiciones coordenadas exportadas desde la aplicación.

Modelado algebraico y representación numérica

En esta sección el objetivo es desarrollar el modelo vectorial formal a partir de los datos experimentales obtenidos de la aplicación.

Excel, u otra hoja de cálculo similar, se utilizará como herramienta para:

- Organizar de manera lógica los datos temporales extraídos.
- Implementar las ecuaciones cinemáticas ideales del movimiento parabólico.
- Ejecutar cálculos y verificar la consistencia numérica con los gráficos automáticos de



Construcción del modelo cinemático

El equipo deberá utilizar las ecuaciones teóricas de posición del proyectil bajo el supuesto de aceleración gravitatoria constante y despreciando la fricción con el aire.

La información de esta sección constituye la base del Marco Teórico del Informe.
--

Componentes, magnitudes y ecuaciones de ajuste

Para los datos espaciales tabulados:

1. En Excel o cualquier hoja de cálculo, generar gráficos de dispersión independientes para x vs t , y vs t y la trayectoria del proyectil (y vs x).
2. Utilizar las herramientas de Excel o de la hoja de cálculo, para añadir las siguientes líneas de tendencia:
 - regresión lineal, para el gráfico posición horizontal versus tiempo,
 - regresión polinómica de grado 2, para el gráfico posición vertical versus tiempo
 - regresión polinómica de grado 2, para el gráfico posición vertical versus posición horizontal.
3. Para cada ajuste deberán reportarse la ecuación obtenida y el coeficiente de determinación (R^2). El equipo deberá interpretar físicamente el significado de los parámetros obtenidos y discutir la calidad del ajuste.
4. Comparar analíticamente los coeficientes numéricos de las ecuaciones de ajuste de Excel frente a las constantes físicas ideales (v_{0x} , v_{0y} y a_y).
5. Determinar experimentalmente la aceleración gravitacional y comparar el resultado con el valor teórico de g .

Validación experimental del modelo mediante el módulo cinemático de FizziQ

Esta sección tiene como finalidad verificar, visualizar y documentar el comportamiento físico de la partícula directamente desde las capacidades gráficas de la aplicación.

Extracción geométrica de la trayectoria en FizziQ

Utilizando el Cuaderno Digital de FizziQ, el equipo deberá:

1. Generar de forma directa en la aplicación las curvas cinemáticas calculadas a partir del seguimiento del video (opción cuaderno, gráfico).
2. Extraer los gráficos de la posición vertical de la aplicación, solicitando la tendencia cuadrática para y vs t y y vs x , para obtener las ecuaciones que relacionan las variables; así como la posición x vs t solicitando tendencia lineal, para obtener la ecuación que relaciona las variables.
3. Extraer, de la aplicación, los gráficos de los vectores velocidad, identificando visualmente las tendencias en las direcciones horizontal y vertical.
4. Exportar las imágenes de los gráficos cinemáticos y la superposición de la trayectoria sobre los fotogramas del video analizado para incorporarlas en el informe.

Análisis de coherencia

El informe deberá incluir una breve reflexión técnica que responda:

- ¿La forma geométrica de la curva calculada por FizziQ coincide plenamente con los signos analíticos y las ecuaciones algebraicas obtenidas en Excel o la hoja de cálculo utilizada?

- ¿La velocidad obtenida experimentalmente en las proximidades de la altura máxima es consistente con la predicción del modelo cinemático? Justifique su respuesta a partir de las componentes de la velocidad.
 - ¿Se detectó alguna discrepancia significativa entre el modelo algebraico lineal/cuadrático puro de Excel y la representación gráfica obtenida en la aplicación móvil?
-

Análisis e interpretación física

El equipo deberá responder con argumentación técnica estructurada:

- ¿Qué representa físicamente el hecho de que la velocidad horizontal calculada mantenga un comportamiento aproximadamente constante a lo largo de todo el movimiento?
 - ¿Qué limitaciones técnicas y físicas tiene la suposición de un movimiento bidimensional ideal al analizar un video capturado en un entorno real con un smartphone?
 - ¿Cuáles son las principales fuentes de error introducidas durante el proceso de marcación manual fotograma por fotograma en la pantalla táctil de la aplicación **FizziQ**?
 - ¿Cómo cambiarían la trayectoria, el alcance y la simetría del movimiento si el experimento se realizara con un objeto de gran área superficial y baja masa, como una bola de duroport o una pluma? Explique las diferencias con respecto al modelo ideal y relacione su respuesta con el efecto de la resistencia del aire.
-

Estructura del informe técnico

El informe técnico debe contener estrictamente la siguiente jerarquía:

1. Portada
 2. Introducción
 3. Pregunta de investigación y objetivos
 4. Marco conceptual
-

5. Metodología
 6. Resultados experimentales
 7. Modelado y procesamiento de datos
 8. Comparación teoría–experimento
 9. Análisis de errores
 10. Conclusiones
 11. Referencias
 12. Anexos, si corresponde
-

Bitácora de trabajo (documento independiente)

Se deberá completar adicionalmente la plantilla oficial proporcionada por la Cátedra de Física. La bitácora se entrega por separado del informe técnico en formato PDF e incluye:

- Identificación clara de fortalezas y oportunidades de mejora individuales del equipo.
- Asignación explícita de roles para el trabajo analítico y experimental.
- Cronograma y matriz de seguimiento de acuerdos internos.
- Reflexión final justificada sobre el desempeño del equipo.

En el siguiente enlace puede consultar una presentación que abarca de manera resumida

[¿Qué es la Bitácora?](#)

Evaluación

Para el desglose de la calificación, la rúbrica considerará los siguientes aspectos:

Tabla 2: Rúbrica de evaluación del proyecto (Informe técnico)

RÚBRICA DE EVALUACIÓN	Deficiente	Muy escaso	Moderada	Buena	Excelente
Rigor matemático del modelado vectorial: Uso consistente de notaciones y operaciones vectoriales en dos dimensiones.	No presenta esta sección.	Presenta la sección, pero utiliza incorrectamente la notación vectorial y las operaciones presentan errores significativos.	Presenta la sección utilizando notación vectorial básica, aunque presenta algunos errores en las operaciones o en la representación de los vectores.	Utiliza correctamente la notación y las operaciones vectoriales en dos dimensiones, con pocos errores que no afectan significativamente los resultados.	Utiliza de manera rigurosa, consistente y precisa la notación y las operaciones vectoriales en dos dimensiones, justificando adecuadamente cada procedimiento y resultado.
Corrección de los cálculos: Precisión en las aproximaciones numéricas cinemáticas elaboradas en Excel.	No presenta esta sección.	Presenta cálculos incompletos o con numerosos errores numéricos y de procedimiento, que afectan significativamente los resultados.	Presenta cálculos mayormente completos, aunque contiene algunos errores numéricos o de procedimiento que afectan parcialmente los resultados.	Presenta cálculos correctos y coherentes, con pocos errores numéricos que no afectan significativamente las conclusiones obtenidas.	Presenta cálculos precisos, completos y verificables, con aproximaciones numéricas correctamente aplicadas y resultados coherentes con el modelo cinemático.
Calidad de la representación en Excel: Presentación clara de las gráficas de regresión con sus correspondientes variables y unidades.	No presenta esta sección.	Presenta gráficas incompletas, poco claras o sin identificar correctamente las variables y unidades.	Presenta gráficas adecuadas, aunque existen deficiencias en la identificación de variables, unidades, escalas o elementos de la regresión.	Presenta gráficas claras y correctamente elaboradas, con variables, unidades y parámetros de regresión adecuadamente identificados.	Presenta gráficas precisas, claras y profesionalmente elaboradas, con variables, unidades, escalas, ecuaciones y parámetros de regresión correctamente identificados e interpretados.
Coherencia y claridad en Fizziq: Calibración espacial correcta y procesamiento nítido de la trayectoria cinemática en la aplicación.	No presenta esta sección.	Presenta un procesamiento incompleto o una calibración espacial incorrecta, generando una trayectoria poco confiable.	Realiza la calibración y el procesamiento de manera parcial, presentando algunas inconsistencias en la trayectoria obtenida.	Realiza correctamente la calibración espacial y obtiene una trayectoria cinemática clara, con pocas inconsistencias en el procesamiento.	Realiza una calibración espacial precisa y un procesamiento riguroso de la trayectoria, obteniendo resultados claros, coherentes y reproducibles.
Interpretación física: Capacidad crítica para sustentar las limitaciones, comportamientos dinámicos y errores del experimento.	No presenta esta sección.	Presenta una interpretación limitada, sin relacionar adecuadamente los resultados con los principios físicos ni reconocer las principales fuentes de error.	Interpreta los resultados de manera general y reconoce algunas limitaciones y fuentes de error, aunque con poca profundidad física.	Relaciona adecuadamente los resultados con el comportamiento cinemático, identificando las principales limitaciones y fuentes de error del experimento.	Analiza críticamente los resultados desde una perspectiva física, relacionando el comportamiento dinámico con el modelo, cuantificando o justificando las fuentes de error y señalando claramente las limitaciones experimentales.
Comunicación técnica y cumplimiento de formato: Claridad en la redacción científica, ortografía técnica y apego a la estructura requerida.	No presenta esta sección.	Presenta una redacción poco clara, con numerosos errores de ortografía y formato, y no cumple con la estructura solicitada.	Presenta una redacción comprensible, aunque contiene errores de ortografía, terminología técnica o formato que deben mejorarse.	Presenta una redacción clara y ordenada, con adecuada terminología científica, pocos errores ortográficos y cumplimiento general del formato requerido.	Presenta una comunicación científica clara, precisa y profesional, con excelente ortografía técnica, organización lógica y cumplimiento completo de la estructura y formato establecidos.