

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
DE PANAMÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS COMPUTACIONALES

CENTRO REGIONAL DE VERAGUAS

PROPUESTA DE PROTOTIPO DE
SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE
LAS FASES DE LA LUNA: UNA
HERRAMIENTA INTERACTIVA PARA
LA EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN
ASTRONÓMICA

PRESENTA:

BARRERA, ARLAND

PUGA, ELBIN

TUTOR

PABLO ÁBREGO



2025

1	I Introducción	6
2	Resumen	7
3	Generalidades del proyecto	8
3.1	Antecedentes	8
3.1.1	Compilación histórica del estudio astronómico	8
3.1.2	Historia de la simulación en la astronomía	9
3.1.3	Transición a la era digital	11
3.2	Identificación del problema	11
3.3	Objetivo General	13
3.4	Objetivos Específicos	13
3.5	Justificación	13
3.6	Delimitación	14
4	Marco Teórico	15
4.1	Área de investigación	15
4.1.1	La astronomía como ciencia	15
4.1.2	El fenómeno de las fases lunares	15
4.1.3	Evolución científica del estudio de la Luna	16
4.1.4	Importancia de la Simulación en el Estudio de Fenómenos Astronómicos	17
4.1.4.1	Ámbito científico	17
4.1.4.2	Ámbito educativo	17
4.2	Proyectos Similares	18
4.2.1	Análisis comparativo	19
4.3	Tecnologías de desarrollo	20
4.3.1	Lenguaje de programación	20
4.3.2	Librerías y Frameworks	21
4.3.3	Cálculo y Simulación Astronómica	21
4.3.4	Visualización de Datos	21
4.3.5	Desarrollo Web e Interfaz Gráfica	21
4.3.6	Generación de Reportes	22
4.3.7	Justificación del Uso de Estas Herramientas	22
4.3.8	Plataformas y Entornos de Desarrollo	22
4.3.9	Beneficios del Uso de Software de Código Abierto	22

5	Propuesta del proyecto	23
5.1	Metodología del trabajo	23
5.2	Escenario de aplicación	23
5.3	Cronograma de actividades	23
5.4	Presupuesto Real	23
5.5	Diseño Conceptual	23
6	Prototipo del Proyecto	24
6.1	Interfaces del sistema	24
6.2	Módulos Desarrollados	24
6.3	Construcción del prototipo	24
6.4	Presupuesto Real	24
6.5	Diseño Conceptual	24
7	Resultados y Conclusiones	25
7.1	Resultados	25
7.2	Conclusiones	25
	Bibliografía	26

Lista de figuras

3.1	Puerta tallada de la diosa lunar Maya	8
3.2	Primeros dibujos de la Luna realizados por Galileo Galilei	9
3.3	Representación geométrica de cuerpos celestes	10
3.4	Fases Lunares de Itroducciones in Aristotelis libros naturales	10
3.5	Porcentajes según puntuacion cuestionario alumnos	12
3.6	Porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en el test, sobre Fases de la Luna	12
4.1	Simulador de fases de la luna	18
4.2	Logo de Python	21

Lista de tablas

4.1	Fases Lunares y Características Resumidas	16
4.2	Comparación entre el Lunar Phase Simulator (Nebraska) y la propuesta del prototipo, incluyendo evaluación interactiva.	20

I Introducción

El campo de la astronomía es una ciencia que ha fascinado a la humanidad desde tiempos inmemoria, siendo la Luna uno de los objetos más estudiados y admirados. Las fases de la Luna, en particular, no solo han sido motivo de observación y mitología, sino que también representan un fenómeno complejo cuyo entendimiento resulta fundamental para diversas aplicaciones científicas y educativas.

A pesar de la relevancia de este fenómeno, la enseñanza tradicional de la astronomía en muchos contextos escolares adolece de métodos interactivos y actualizados que faciliten la comprensión de conceptos tan abstractos como la mecánica celeste. Esta situación ha generado una brecha entre el conocimiento teórico y la práctica, afectando la calidad del aprendizaje en el área.

Ante esta problemática, la presente investigación propone el desarrollo de un prototipo de simulación computacional interactivo orientado a representar las fases de la Luna, con el fin de mejorar la comprensión del fenómeno y promover una educación más dinámica y participativa.

Resumen

Generalidades del proyecto

3.1 Antecedentes

3.1.1 Compilación histórica del estudio astronómico

El estudio de los movimientos celestes ha sido una de las áreas fundamentales de la astronomía desde la antigüedad. Las civilizaciones mesopotámica, egipcia y maya registraron observaciones detalladas de la Luna y sus fases, utilizándolas para la medición del tiempo y la elaboración de calendarios lunares [1].

La antigua civilización Maya, tenía conocimiento de la importancia y complejidad de la información astronómica y calendárica. Esto indica que existía un contexto interpretativo especialmente prometedor que se fortaleció aun más tras la escritura jeroglífica proporcionando conocimiento clave del cielo y su aplicación social. Este conocimiento también se reflejaba en un complejo sistema de contar meses lunares asociados a fechas escritas en la llamada cuenta larga que usaban para calcular y representar el tiempo y pronto se dieron cuenta que podía servir para cálculos astronómicos [2].



Figura 3.1: Puerta tallada de la diosa lunar Maya
Fuente: Adaptado de [3]

Con el desarrollo del método científico, un gran exponente es Galileo Galilei quien es el precursor de la cosmología moderna ya que establecía leyes sistemáticas

capaces de ser observadas y expresadas en un lenguaje físico-matemático. Galileo mejoró el telescopio de la época y en sus observaciones que son descritas en su libro "Sidereus Nuncius" [4] en 1610 establece que la Vía Láctea está compuesta por innumerables estrellas asociadas en complejos sistemas. En este texto se encuentran sus famosas observaciones telescópicas de la superficie lunar y su anuncio del descubrimiento de cuatro satélites de Júpiter (Ío, Europa, Ganímedes y Calixto), denominados por Galileo "astros mediceos"



Figura 3.2: Primeros dibujos de la Luna realizados por Galileo Galilei
Adaptado de: [5]

3.1.2 Historia de la simulación en la astronomía

Los primeros modelos y representaciones que se tenían sobre la representación de fenómenos astronómicos se pueden encontrar en el papiro "Liber de coelo et mundo" donde se aprecian diagramas geométricos relacionados con círculos y diámetros lo que da a entender que el contenido estaba relacionado con astronomía y geometría esférica.

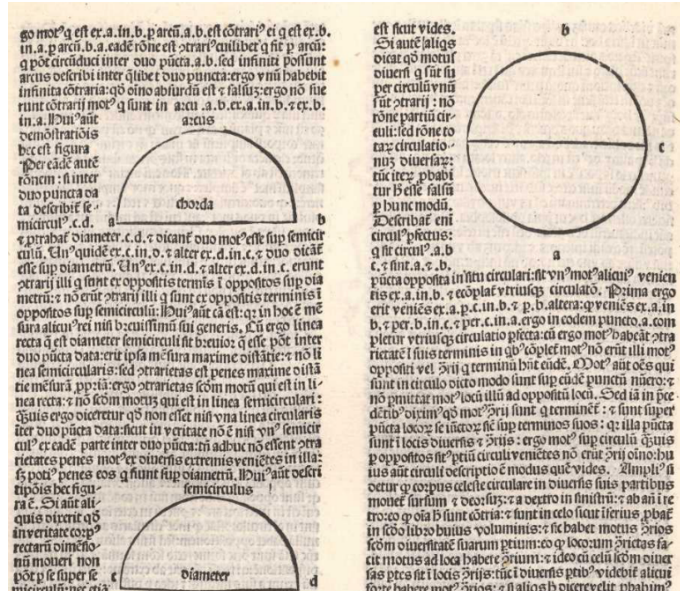


Figura 3.3: Representación geométrica de cuerpos celestes
Adaptado de: [6]

También se destaca una curiosa representación de las fases de la luna en el año 1492 del capítulo 'Liber de coelo et mundo' del libro 'Introductiones in Aristotelis libros naturales' del teólogo francés y erudito griego Jacques Lefèvre d'Étaples.

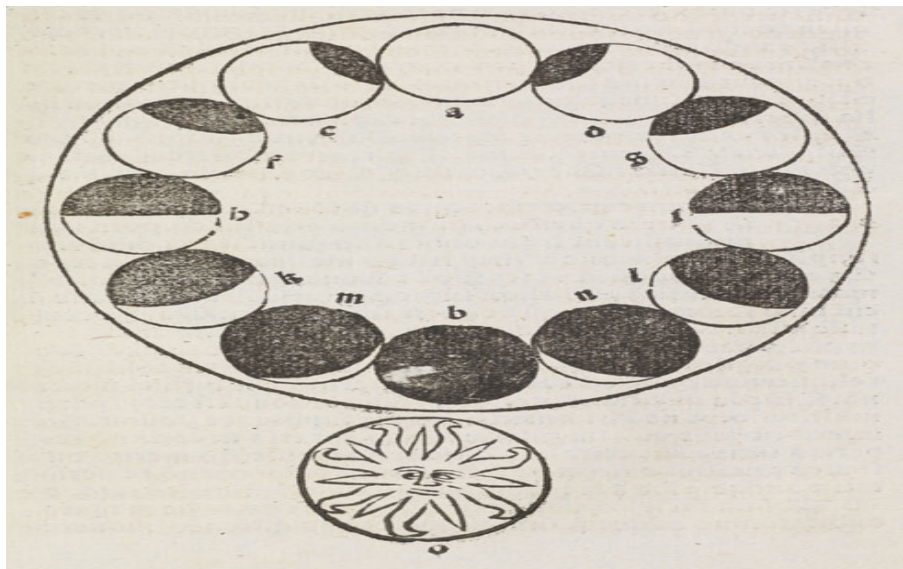


Figura 3.4: Fases Lunares de Itrroducciones in Aristotelis libros naturales
Adaptado de: [7]

3.1.3 Transición a la era digital

Las simulaciones numéricas han permitido a los astrónomos estudiar procesos complejos que son inaccesibles mediante observación directa. Por ejemplo, con la llegada de telescopios de nueva generación como el Large Synoptic Survey Telescope (LSST) la astronomía ha entrado en la era del "Big Data". El LSST, por ejemplo, generará aproximadamente 15 terabytes de datos cada noche, lo que requiere el desarrollo de nuevas técnicas de análisis y almacenamiento de datos. Esto ha llevado al surgimiento de la astroinformática, una disciplina que combina la astronomía con la informática para manejar y analizar estos vastos conjuntos de datos[8].

También se puede encontrar que la visualización de datos astronómicos ha avanzado significativamente con el uso de tecnologías de realidad virtual (VR). Herramientas como iDaVIE[9] permiten a los investigadores explorar datos astrofísicos en entornos inmersivos, facilitando una comprensión más intuitiva de estructuras complejas y relaciones espaciales en el cosmos. Esta metodología mejora la interpretación de datos y apoya el descubrimiento científico

Con estos antecedentes de la era digital con la integración de la computación en la astronomía ha permitido avances significativos en la simulación, análisis y visualización de fenómenos cósmicos, ampliando nuestra comprensión del universo y abriendo nuevas vías para la investigación científica.

Sin embargo, la mayoría de estas herramientas requieren hardware especializado o no permiten la consulta de datos astronómicos reales. Como respuesta a esta brecha, han surgido iniciativas basadas en software que utilizan cálculos precisos para predecir las fases de la Luna en un intervalo de tiempo determinado, integrando modelos matemáticos y datos astronómicos provenientes de efemérides.

Estos avances han abierto nuevas posibilidades para la creación de recursos didácticos accesibles, que combinan precisión científica con representaciones visuales intuitivas.

3.2 Identificación del problema

El impacto en la educación científica afecta la comprensión general de la astronomía.

Basándonos en el trabajo de Jordi Solbes y Rafael Palomar [10], concluyen que la mayoría de estudiantes en un colegio de España, no comprenden y/o desconocen aspectos básicos de la astronomía pese a una reiterada enseñanza de la misma.

Además, confirman que un 6.2% del alumnado sería capaz orientarse de día y

noche y la sorpresa es que ningún estudiante es capaz de explicar las fases de la luna.

Categoría	Porcentaje
NS/NC	23,9 %
Respuestas incorrectas	76,1 %
Explica las fases de la Luna correctamente	0 %

Figura 3.5: Porcentajes según puntuacion cuestionario alumnos
Adaptado de: [10]

Si nos basamos en el trabajo de Loyola y Ortega [11], podemos extraer una tabla sobre una prueba realizada a alumnos en Chile sobre las fases de la luna

Dimensión (Nº pregunta del test)	Octavo básico		Cuarto medio	
	Incorrectas	Correctas	Incorrectas	Correctas
Fases de la Luna (8 – 10)	79,2 %	20,8 %	63,3 %	36,7 %

Figura 3.6: Porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en el test, sobre Fases de la Luna

Adaptado de: [11]

Aunque no encontramos literatura que muestre datos acerca del nivel de conocimientos en escuelas ya sea premedia y media en Panamá, sería una buena idea realizar ese estudio para tener un registro de las nociones tendrían los estudiantes en el área de astronomía.

Tomando en cuenta los trabajos anteriormente mencionados, podemos identificar que la forma en que se enseña la astronomía y un tema básico como el fenómeno de las fases de la luna, continúa presentándose de manera abstracta y poco interactiva en muchos entornos educativos. Los métodos tradicionales, basados en explicaciones teóricas y representaciones estáticas, no permiten al estudiante visualizar ni experimentar de manera dinámica la interacción entre la Tierra, la Luna y el Sol. Esta carencia de herramientas interactivas genera dificultades para comprender la esencia del fenómeno, reduciendo el interés y la motivación tanto de estudiantes como de docentes.

En consecuencia, se identifica el problema principal: **la ausencia de un recurso didáctico basado en tecnología interactiva que facilite el aprendizaje y la divulgación de los procesos astronómicos relacionados con las fases lunares.**

3.3 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de simulación computacional interactivo que represente de manera precisa las fases de la Luna, con el fin de mejorar la comprensión del fenómeno y promover la educación y divulgación astronómica.

3.4 Objetivos Específicos

- Investigar y recopilar los factores que afectan negativamente el aprendizaje de la astronomía en el entorno escolar, analizando tanto aspectos metodológicos como la disponibilidad de recursos y herramientas didácticas.
- Diseñar y desarrollar un prototipo de software utilizando herramientas de código abierto (por ejemplo, Python y sus librerías asociadas) que permita simular de forma interactiva las fases lunares.
- Implementar una interfaz gráfica amigable e intuitiva que facilite la interacción del usuario, permitiendo la modificación de parámetros y la visualización en tiempo real de los cambios en las fases de la Luna.

3.5 Justificación

La propuesta se fundamenta en la necesidad de innovar los métodos de enseñanza de la astronomía, abordando esa existente entre la teoría y la práctica. El uso de simulaciones interactivas permite a los usuarios experimentar de manera directa con los conceptos astronómicos, facilitando el aprendizaje mediante la visualización y manipulación de variables en tiempo real. Esto no solo mejora la comprensión del fenómeno de las fases de la Luna, sino que también fomenta un aprendizaje activo y participativo.

Además, el desarrollo de un prototipo basado en software de código abierto garantiza una solución de bajo costo y alta accesibilidad, lo cual es especialmente relevante para instituciones educativas con recursos limitados.

3.6 Delimitación

Esta investigación se centra en el desarrollo de un prototipo de simulación computacional interactivo para representar las fases de la luna. Se delimita exclusivamente a este fenómeno dentro del área de astronomía, sin abordar otros aspectos o fenómenos astronómicos. Además, se orienta a entornos educativos donde la comprensión de las fases lunares presenta desafíos, limitando el estudio al análisis y propuesta de soluciones para mejorar la enseñanza y divulgación de este tema en particular.

Marco Teórico

4.1 Área de investigación

En esta sección, se aborda una revisión de literatura en aspectos de nuestra área de investigación que comprende la astronomía y las fases de la luna como objeto de estudio.

4.1.1 La astronomía como ciencia

En la revisión literaria podemos encontrar las siguientes definiciones de astronomía:

La astronomía es la ciencia natural del universo, en su concepto más general. La astronomía se dedica a estudiar las posiciones, distancias, movimientos, estructura y evolución de los astros y para ello se basa casi exclusivamente en la información contenida en la radiación electromagnética o de partículas que alcanza al observador [12]

Es una disciplina que nos abre los ojos, da contexto a nuestro lugar en el universo y puede remodelar la idea de cómo vemos el mundo [13].

En base a las definiciones presentadas, se puede afirmar que la astronomía se trata de una ciencia y disciplina fundamental para comprender la estructura y evolución del universo, permitiendo grandes avances en conocimiento del universo.

La exploración de dicha ciencia, ha permitido comprender la formación y evolución de los cuerpos rocosos que están en nuestro sistema solar, así como el impacto de eventos astronómicos en la geología terrestre.

Dentro de ese campo, la luna es uno de los cuerpos más estudiados debido a su cercanía con la Tierra, además su influencia en nuestro planeta como en aspectos físicos como formación de mareas hasta aspectos biológicos han sido tema de numerosos estudios.

4.1.2 El fenómeno de las fases lunares

Estas fases están determinadas por las posiciones relativas cambiantes de la Luna, la Tierra y el Sol, que determinan qué parte de la superficie de la Luna está

iluminada desde la perspectiva de la Tierra [14]

En la tabla 4.1 se encuentran se aprecia detalladamente propiedades de este fenómeno astronómico:

Fase	% Iluminación	Características Observables
Luna Nueva	0%	Invisible desde la Tierra.
Luna Creciente	1-49%	Franja de luz en el lado derecho.
Cuarto Creciente	50%	La mitad derecha es visible.
Luna Gibosa Creciente	51-99%	Brillo creciente, casi llena.
Luna Llena	100%	Totalmente iluminada.
Luna Gibosa Menguante	51-99%	Brillo decreciente, luz en el lado izquierdo.
Cuarto Menguante	50%	La mitad izquierda es visible.
Luna Menguante	1-49%	Media luna antes de la luna nueva.

Tabla 4.1: Fases Lunares y Características Resumidas

Para que se complete un ciclo completo de fases, la luna tarda aproximadamente 29,53 días. Esto ha sido fundamental en la creación de calendarios y ha influido en diversas culturas para determinar festividades y actividades agrícolas.

4.1.3 Evolución científica del estudio de la Luna

En el siglo XX, los estudios de la luna alcanzó su punto más exponencial con la misión de Apollo 11 en 1969, cuando los astronautas Neil Armstrong y Buzz Aldrin se convirtieron en los primeros seres humanos en pisar la Luna.

Recientemente, misiones como Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) y Chandrayaan-2 [15] han proporcionado datos para estudiar presencia de hielo en los polos lunares lo que permite explorar gracias a avances de la tecnología y simulaciones, las características internas del satélite.

Se concluye en esta sección del área de investigación que la luna ha sido objeto de estudio y fascinación a lo largo de la historia. Sus fases han sido fundamentales para la creación de calendarios, mientras que su exploración ha impulsado el desarrollo tecnológico y científico. Comprender su fenómeno astronómico no solo amplía el conocimiento del sistema solar, sino que también sienta las bases para futuras misiones espaciales que podrían utilizar la Luna como punto de partida para la exploración interplanetaria.

4.1.4 Importancia de la Simulación en el Estudio de Fenómenos Astronómicos

4.1.4.1 Ámbito científico

En este ámbito, el grupo de investigación GPLA se desarrolló una serie de códigos escritos en Python para la simulación de ondas electrostáticas uni- y bidimensionales [16]. Esto se hizo para simular condiciones del plasma donde no solo existan haces o haz y una especie de electrones en el universo.

Además, la importancia de la simulación proporciona la capacidad de modelar y predecir el comportamiento de sistemas planetarios[17].

La idoneidad de Python como lenguaje de aplicaciones ha sido posible gracias a los grandes progresos logrados en la última década en la mejora de las herramientas que permiten utilizarlo de manera efectiva para manipular datos astronómicos [18].

En base a la literatura, se puede evidenciar que hay una gran importancia de realizar simulaciones en el estudio de fenómenos astronómicos gracias a software versátil o incluso con la integración de lenguajes de programación como lo fue Python para la manipulación de grandes volúmenes de datos y su posterior simulación. La evolución de los lenguajes de programación ayudan a los científicos a analizar, estudiar, y representar datos astronómicos para modelar comportamientos astronómicos y obtener conclusiones que permitan desarrollar teorías científicas.

4.1.4.2 Ámbito educativo

El simulador Stellarium fue utilizado en cada sesión de 60 minutos por la educadora en la primera y tercera unidad. Se eligió esta herramienta ya que muestra el cielo nocturno y su evolución a lo largo del tiempo. En la primera unidad, esta herramienta permitió dar a conocer los niños y niñas las trayectorias que siguen los planetas en el cielo y los meses en los que pueden ser vistos. También señalar los movimientos de la luna y sus fases [19].

Los autores del trabajo previamente descrito, afirman que Las TIC, son un medio didáctico recreativo donde el profesor y el estudiante no solo interactúan con objetos inanimados, si no que se les puede generar movimiento, lo que es muy divertido para aprender y enseñar de una manera didáctica.

El uso de la Realidad Aumentada (RA) como una herramienta innovadora en la enseñanza de la astronomía. Desarrollado por el Instituto Nacional de Astrofísica de Italia (INAF), este proyecto implementa aplicaciones de RA para enriquecer la

experiencia educativa, permitiendo a los estudiantes interactuar con modelos tridimensionales y obtener información adicional sobre diversos fenómenos astronómicos. Estas aplicaciones han sido distribuidas en escuelas y al público general a través de EduINAF, la revista en línea dedicada a la educación y divulgación científica [20]. La integración de RA en el aprendizaje ha demostrado aumentar la motivación y comprensión de los estudiantes, ofreciendo oportunidades educativas únicas y fomentando una experiencia de aprendizaje más inmersiva y atractiva.

La revisión literaria nos indica que la integración de software de simulación en las escuelas, demuestra que se logra enseñar temas de astronomía de manera inmersa y a la vez fascinante lo cual hace que el aprendizaje mediante simulación sea una opción recurrida a explicar fenómenos astronómicos con mayor claridad y didáctica.

4.2 Proyectos Similares

En la revisión de literatura, podemos encontrar el simulador "Lunar Phase Simulator" de la Universidad de Nebraska-Lincoln's. [21]

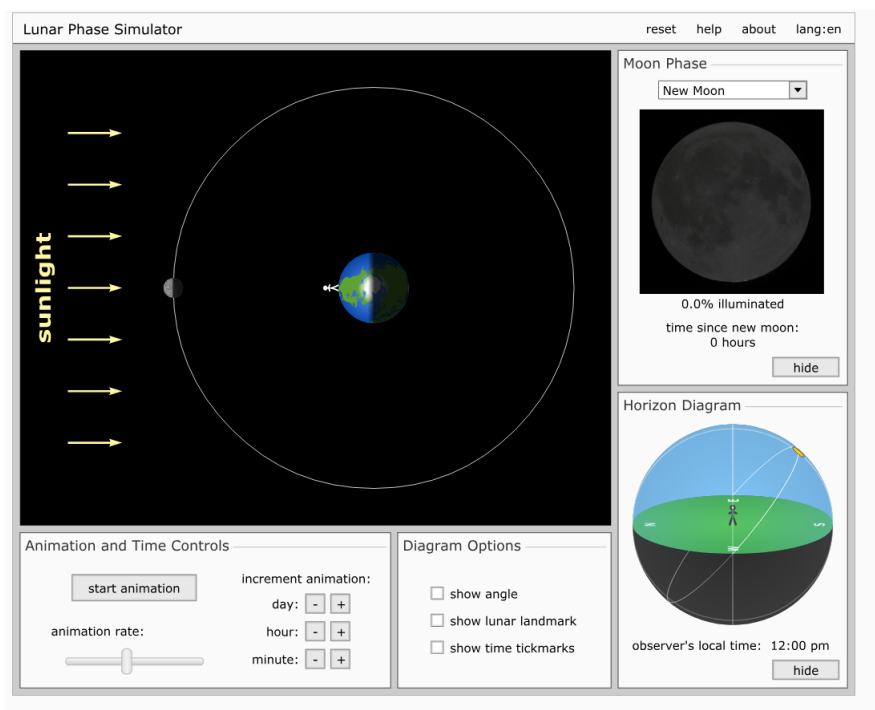


Figura 4.1: Simulador de fases de la luna

Fuente: [22]

Tras una revisión y uso del simulador mencionado, podemos establecer que cumple con:

Objetivos:

- Permitir a los estudiantes **comprender visualmente** cómo la Luna cambia de fase al orbitar la Tierra.
- Mostrar la **relación entre la posición de la luna, la Tierra y la luz solar**.

Metodología/Tecnología Empleada:

- **Frontend:** HTML, JavaScript y CSS.
- **Interactividad:** Controles para ajustar el tiempo y ver cómo la Luna cambia de fase en tiempo real.
- **Representación Visual:**
 - Simulación orbital en 2D.
 - Vista del horizonte del observador.
 - Indicador de fase lunar con porcentaje de iluminación.

Resultados o Impactos Obtenidos:

- **Intuitivo y visualmente atractivo** para la enseñanza en todos los niveles.
- No requiere conocimientos previos, ya que se basa en manipulación gráfica.
- **Ideal para principiantes** en astronomía.

4.2.1 Análisis comparativo

A continuación, se realiza una comparativa del simulador de la figura 4.1 con nuestra propuesta del prototipo:

Criterio	Lunar Phase Simulator (Nebraska)	Propuesta
Objetivo	Visualizar fases lunares de forma interactiva.	Simulación científica con datos reales, material descargable y evaluación del aprendizaje.
Interactividad	El usuario ajusta la posición de la Luna manualmente.	El usuario ingresa fechas, obtiene gráficos y responde un quiz interactivo para reforzar el aprendizaje.
Datos Adicionales	No proporciona información numérica.	Muestra distancia Tierra-Luna, iluminación y visibilidad, además de permitir la autoevaluación.
Exportación de Datos	No permite guardar información.	Genera reportes en PDF para estudiantes con sus resultados del quiz y gráficos de fases lunares.
Aplicabilidad Educativa	Bueno para principiantes en astronomía.	Útil tanto para estudiantes como para investigadores, incorporando evaluación y retroalimentación del aprendizaje.

Tabla 4.2: Comparación entre el Lunar Phase Simulator (Nebraska) y la propuesta del prototipo, incluyendo evaluación interactiva.

En base a esta comparación, podemos

4.3 Tecnologías de desarrollo

4.3.1 Lenguaje de programación

Para el desarrollo de la propuesta del prototipo, se implemetará el lenguaje de programación Python debido a su ámbito en área científica y su integración en la Web.



Figura 4.2: Logo de Python
Fuente: Adaptado de [?]

- **Facilidad de uso:** Python es un lenguaje de alto nivel con una sintaxis clara y legible, lo que facilita el desarrollo y mantenimiento del código.
- **Disponibilidad de librerías:** Posee una amplia gama de librerías especializadas en cálculo astronómico, visualización y desarrollo web.
- **Comunidad de soporte:** Python cuenta con una de las comunidades de desarrolladores más grandes, lo que garantiza una amplia documentación y soporte técnico.

4.3.2 Librerías y Frameworks

El desarrollo del prototipo utilizará diversas **librerías y frameworks** que contribuyen a la precisión y eficacia de la simulación:

4.3.3 Cálculo y Simulación Astronómica

- **Skyfield:** Permite calcular posiciones astronómicas con alta precisión, incluyendo las fases de la Luna basadas en efemérides oficiales de la NASA.
- **NumPy:** Facilita operaciones numéricas eficientes para manejar datos astronómicos.

4.3.4 Visualización de Datos

- **Matplotlib:** Utilizado para generar gráficos que representen la evolución de las fases de la Luna de manera precisa y clara.
- **Plotly:** Posible alternativa para gráficos interactivos en la interfaz web.

4.3.5 Desarrollo Web e Interfaz Gráfica

- **Flask:** Framework ligero en Python para manejar la lógica del servidor y comunicación con la interfaz de usuario.

- **HTML, CSS y JavaScript:** Tecnologías fundamentales para la creación de la interfaz web interactiva.

4.3.6 Generación de Reportes

- **ReportLab:** Permite la generación de archivos PDF para que los usuarios descarguen información detallada sobre las fases de la Luna.

4.3.7 Justificación del Uso de Estas Herramientas

- **Skyfield** asegura precisión astronómica al basarse en datos de efemérides.
- **Matplotlib y Plotly** permiten representar gráficamente los cambios en las fases lunares de manera comprensible.
- **Flask + HTML/CSS/JavaScript** garantizan una interfaz intuitiva y accesible desde cualquier navegador.
- **por definir***** proporciona material educativo en PDF, facilitando la revisión posterior por parte de los estudiantes.

4.3.8 Plataformas y Entornos de Desarrollo

Para el desarrollo del prototipo, se utilizarán las siguientes herramientas:

- **Entorno de Desarrollo Integrado (IDE):** Se usa **VS Code** o **PyCharm**, ambos con soporte para Python y depuración eficiente.
- **Control de Versiones:** Git y GitHub serán empleados para gestionar cambios en el código y colaboración entre desarrolladores.
- **Entorno Virtual:** Se utilizará **venv** o **conda** para administrar dependencias y evitar conflictos entre librerías.

4.3.9 Beneficios del Uso de Software de Código Abierto

- Facilita la replicación y ampliación del proyecto por otros investigadores o educadores.
- Reduce costos al evitar el uso de licencias propietarias.
- Permite contribuciones de la comunidad para mejorar la simulación.

Propuesta del proyecto

- 5.1 Metodología del trabajo
- 5.2 Escenario de aplicación
- 5.3 Cronograma de actividades
- 5.4 Presupuesto Real
- 5.5 Diseño Conceptual

Prototipo del Proyecto

- 6.1 Interfaces del sistema
- 6.2 Módulos Desarrollados
- 6.3 Construcción del prototipo
- 6.4 Presupuesto Real
- 6.5 Diseño Conceptual

Resultados y Conclusiones

7.1 Resultados

7.2 Conclusiones

- [1] C. Ruggles and G. Urton, **Skywatching in the Ancient World: New Perspectives in Cultural Astronomy**. Boulder, CO: University Press of Colorado, 2007.
- [2] Stanislaw Iwaniszewski, *Arqueología Mexicana*, "Los ciclos lunares y el calendario maya". [Online]. Disponible: <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/los-ciclos-lunares-y-el-calendario-maya>
- [3] C. Carcavilla, "Trabajo de Fin de Grado Arqueología UCM: La diosa Ix Chel en los mayas prehispánicos", 2022 Disponible: https://www.researchgate.net/publication/363582211_Trabajo_de_Fin_de_Grado_Arqueologia_UCM_La_diosa_Ix_Chel_en_los_mayas_prehispanicos.
- [4] G. Galilei, **Sidereus Nuncius**. Venice, Italy: Thomas Baglioni, 1610. [Online]. Available: https://archive.org/details/sidereus_nuncius_202004/page/n9/mode/2up. [Accessed: Feb. 9, 2025].
- [5] BBC Mundo, "La sorprendente revelación sobre la Luna y su evolución", Dec. 2, 2017. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42202220>. [Accessed: Feb. 9, 2025].
- [6] A. Magno and H. Mitani, **De caelo et mundo**. Venice, Italy: Impressum Uenetijs per Joannem de Forliuio, et Gregorium fratres, Nov. 1490. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10481/16176>. [Accessed: Feb. 9, 2025].
- [7] ResearchGate, "The influence of lunar phases and zodiac sign 'Leo' on perioperative complications and outcome in elective spine surgery," Scientific Figure, 2025. Disponible en: ResearchGate. [Accedido: 10 Feb. 2025].
- [8] P. Huijse, P. A. Estevez, P. Protopapas, J. C. Principe, y P. Zegers, "Computational Intelligence Challenges and Applications on Large-Scale Astronomical Time Series Databases," *IEEE Computational Intelligence Magazine*, vol. 9, no. 3, pp. 27–39, 2014. <https://arxiv.org/pdf/1509.07823>
- [9] T. H. Jarrett, A. Comrie, L. Marchetti, A. Sivitilli, S. Macfarlane, F. Vitello, U. Becciani, A. R. Taylor, J. M. van der Hulst, P. Serra, N. Katz y M. E. Cluver, "Exploring and interrogating astrophysical data in virtual reality," *Astronomy and Computing*, vol. 37, p. 100502, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2021.100502>.

- [10] Solbes and R. Palomar, “Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria”, *Rev. Bras. Ensino Fís.*, vol. 35, no. 1, pp. 01–12, Jan. 2013, doi: 10.1590/S1806-11172013000100016.
- [11] F. Rabanales Loyola y C. Vanegas Ortega, “Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile,” *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, vol. 47, no. 2, pp. 247–268, 2021.
- [12] J. Alfonso Garzón, D. Galadí Enríquez, y C. Morales Durán, Eds., *100 Conceptos Básicos de Astronomía. Madrid, España: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), 2009*
- [13] Marissa Rosenberg, Pedro Russo, Unión Astronómica Internacional, *Astronomía en la vida cotidiana*. [En línea]. Disponible en: https://www.iau.org/public/themes/astronomy_in_everyday_life/spanish/.
- [14] J. K. Gullari, *The Impact of Moon Phases on Earth, Plants, and Humans: A Comprehensive Study from Project Alpha*, Jan. 9, 2025.
- [15] A. Singh, A. Sharma, S. Kumar, L. Chang, A. Vashishtha, R. Raj, S. Agrawal, and P. Chauhan, “Dielectric characterization and polarimetric analysis of lunar north polar crater Hermite-A using Chandrayaan-1 Mini-SAR, Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) Mini-RF, and Chandrayaan-2 DFSAR data,” *Advances in Space Research*, vol. 70, no. 12, pp. 4030–4055, 2022. doi: 10.1016/j.asr.2022.04.059.
- [16] L. D. Herrera and C. R. Arias *Simulación de ondas generadas en la inestabilidad two-stream para plasmas electrostáticos usando particle-in-cell simulación de ondas generadas en la inestabilidad two-stream para plasmas electrostáticos usando particle-in-cell*, 2019.
- [17] M. Perryman, *The Exoplanet Handbook*. 2011. [Online]. Available: https://assets.cambridge.org/97805217/65596/frontmatter/9780521765596_frontmatter.pdf
- [18] Greenfield, P., “What Python Can Do for Astronomy”, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems XX*, 2011, vol. 442, p. 425.
- [19] S. Pérez-Lisboa, C. G. Ríos-Binimelis, and J. Castillo Allaria, “Realidad Aumentada y simuladores: astronomía para niños y niñas de cinco años,” *ALTERIDAD. Revista de Educación*, vol. 15, no. 1, pp. 25–35, 2020. doi: 10.17163/alt.v15n1.2020.02.

- [20] *Leonardi, L., Daricello, L., and Giacomini, L., “Learning astronomy through Augmented Reality: EduINAF resources to enhance students’ motivation and understanding”* Art. no. EPSC2021-530, 2021. doi:10.5194/epsc2021-530.
- [21] S. Uçar, “*The effects of simulation-based and model-based education on the transfer of teaching with regard to Moon phases,*” *Journal of Baltic Science Education*, vol. 13, no. 3, pp. 327–338, 2014.
- [22] University of Nebraska-Lincoln, “*Lunar Phases Simulator,*” [Online]. Available: <https://astro.unl.edu/naap/lps/animations/lps.html>. [Accessed: 11-Feb-2025].