

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

La Academia de Pilotos Espaciales: Un Modelo de Aprendizaje Basado en
la Fantasía Intrínseca y el Diseño Asistido por IA

TESIS

Que para obtener el grado de:

LICENCIADO(A) EN CIENCIAS FÍSICO
MATEMÁTICAS

Presenta:

Alexis Armando Vargas Cerda

Asesor:

Dr. Luis Valero Elizondo

Morelia, Michoacán Agosto de 2025

Agradecimientos

- ★ A mi madre, mi primera maestra, quien encendió en mí la llama del conocimiento y con amor infinito me enseñó que aprender es vivir.
- ★ A mis profesores, arquitectos de mi curiosidad:
 - En primaria: A Sara, mi primer gurú de la computación teórica y lúdica, por convertir algoritmos en juegos y pantallas en ventanas hacia lo infinito.
 - En secundaria: A Germán, Diana, Gloria, Martín y Bolaños, por soportar mis preguntas sin fin y mis dudas interminables con paciencia de santos.
 - En bachillerato: A Maribel, Alina, Toledo, Sandra, Erasto, Nestor, Yahaira, Gaby, Arian, Ari y Héctor, por retarme a pensar más allá de los límites evidentes.
 - En la licenciatura: A Jesús, Vega, Paty, Malú, Arroyo, Ahtziri, Osuna, Tejeda, Homero, Edgardo, Christian, Temo, Andablo, González y Mary Carmen, por revelarme el orden oculto del universo y la paciencia que requiere descifrarlo.
- ★ A Roberto, Karina, Mariano y Valero, por mirarme con ojos de alquimistas: vieron en mí una chispa que yo aún no alcanzaba a distinguir y, con sus enseñanzas, la convirtieron en fuego.
- ★ A mis compañeros y amigos, cómplices de batallas académicas y risas tardías, hoy pilares de mi marco teórico y humano.
- ★ A Miroslava, por recorrer cada línea, cada borrador, con la precisión de una cómplice y la generosidad de quien cree en las palabras.
- ★ A mi hermana Luisa Fernanda, cuyo corazón generoso y manos firmes convirtieron este sueño en una realidad tangible. Sin ti, estas páginas no existirían.
- ★ Y a quienes, desde el silencio o la distancia, tejieron hilos invisibles para que hoy pueda decir: ¡Lo logré!

Resumen

La presente investigación aborda la desconexión entre los modelos educativos tradicionales y las necesidades de las nuevas generaciones de nativos digitales. Se postula que el sistema actual, heredero de la era industrial, genera desmotivación al priorizar la mecanización sobre el aprendizaje significativo. Como solución, se propone un modelo pedagógico basado en el concepto de "fantasía intrínseca", donde el aprendizaje de conceptos complejos emerge como una consecuencia natural de la inmersión en una experiencia lúdica y motivadora.

Para validar este modelo, se diseñó y desarrolló el prototipo "Academia de Pilotos Espaciales", un juego-simulador para la enseñanza de mecánica orbital, utilizando una metodología de desarrollo ágil denominada "vibe coding", que consiste en una colaboración estructurada entre un diseñador humano y un modelo de lenguaje grande (IA).

La efectividad del prototipo fue evaluada mediante un diseño experimental de métodos mixtos con una muestra de 18 estudiantes universitarios. Los resultados cuantitativos, aunque no mostraron una ganancia de aprendizaje estadísticamente significativa en un post-test ($p = 0.249$), revelaron niveles muy altos de compromiso (engagement), interés y reto percibido por parte de los participantes. Los datos cualitativos, obtenidos por observación y discusión grupal, evidenciaron la construcción de modelos mentales intuitivos, la manifestación de "momentos eureka" y una profunda inmersión en la experiencia.

Se concluye que el modelo de "fantasía intrínseca" es altamente efectivo para generar motivación y facilitar una interacción profunda con el contenido, sirviendo como un catalizador para el aprendizaje constructivista. Finalmente, se propone que la metodología de diseño y el prototipo pueden servir como un modelo replicable para crear un ecosistema de herramientas pedagógicas accesibles y efectivas para la era digital.

Contenido

Capítulo 1: Introducción.....	8
1.1 Planteamiento del Problema: La desconexión entre el aprendizaje y la pasión..	10
1.2 Pregunta de investigación: ¿Puede el diseño de un juego con "fantasía intrínseca", asistido por IA, servir como un modelo efectivo para el aprendizaje de conceptos complejos y la medir la disposición del estudiante hacia la materia?.....	11
1.3 Hipótesis de Trabajo.....	12
1.3.1 Hipótesis Central.....	13
1.4 Objetivos.....	13
1.5 Justificación del Estudio.....	14
1.6 Metodología.....	14
1.6.1 Fase 1: Marco Teórico y Conceptual.....	15
1.6.2 Fase 2: Diseño Experimental y Evaluación del Prototipo.....	15
1.6.3 Modelo Pedagógico: "Misión: Órbita Cero".....	15
1.7 Consideraciones Éticas.....	16
1.8 Metodología de Evaluación del Prototipo e Instrumentos.....	17
1.8.1 Evaluación del Aprendizaje: Medición de la Ganancia Conceptual.....	17
1.8.2 Evaluación de la Experiencia: Medición del compromiso.....	18
1.8.3 Recolección de Datos Cualitativos.....	18
Capítulo 2: Antecedentes.....	18
2.1 Antecedentes: El Software como Entorno de Descubrimiento.....	18
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	19
2.2 Antecedente Local 1: Diagnóstico de la Formación Integral (Zavala García, 2020).....	20
2.2.1 El Diagnóstico: Dificultades del Estudiante de la FCFM.....	20
2.3 Antecedente Local 2: Análisis Cuantitativo de la Deserción (Hueramo Hueramo, 2022).....	21
2.3.1 El Diagnóstico: Cuantificando el Abandono.....	21
2.4 Síntesis y Justificación para la Academia de Pilotos Espaciales.....	21
Capítulo 3: El Juego como Mecanismo Biológico de Aprendizaje.....	22
3.1 Del Instinto Biológico a la Construcción Cognitiva: Perspectivas Psico-pedagógicas.....	23
3.1.1 Jean Piaget: El Juego como Asimilación y Construcción del Conocimiento.	24
3.1.2 Jerome Bruner: El Descubrimiento Guiado y el Andamiaje en el Juego... 24	
3.1.3 John Dewey: La Experiencia como Motor del Aprendizaje Auténtico.....	25
3.2 Estado del Arte: Lecciones de Gigantes Digitales.....	26
3.2.1 Caso de Estudio 1: Kerbal Space Program – El Laboratorio Constructivista Accidental.....	26

3.2.2 Caso de Estudio 2: DragonBox – La Obra Maestra del Andamiaje y la Desdidactificación.....	27
3.3 Síntesis: Posicionando la Academia de Pilotos Espaciales.....	28
Capítulo 4: De la Gamificación Superficial a la fantasía intrínseca.....	28
Capítulo 5: Vibe Coding como Metodología de Diseño Pedagógico.....	30
5.1 Análisis Crítico de la Metodología de Vibe Coding.....	31
5.1.1 El Ciclo de Desarrollo: Del Prompt Maestro a la Implementación Granular.....	31
5.1.2 El Rol Indispensable del Diseñador-Arquitecto.....	32
5.1.3 Riesgos y Consideraciones Éticas.....	32
Capítulo 6: El Prototipo como Prueba de Concepto: La Academia de Pilotos Espaciales.....	33
6.1 El Modelo Físico de la Simulación.....	33
6.1.1 Justificación del Modelo: La Simplificación como Herramienta Pedagógica.....	34
6.1.2 El Motor de la Simulación: Implementación de la Mecánica Newtoniana.....	34
6.1.3 La Aceleración del Tiempo: Un Dilema entre Jugabilidad y Fidelidad.....	35
6.2 Diseño Técnico y Pedagógico del Prototipo.....	35
6.2.1 Justificación de la Interfaz: Gestión de la Carga Cognitiva.....	36
6.2.2 Justificación de la Pila Tecnológica (Tech Stack): Priorizando la Accesibilidad.....	36
Capítulo 7: Hacia un Ecosistema de Creación Pedagógica.....	37
7.1 De Prototipo a Modelo Replicable: La Filosofía de Diseño.....	37
7.2 El "Vibe Coding" como Metodología Replicable para la Creación de medios didácticos (Milieus).....	38
7.3 Fomentando una Comunidad de Práctica.....	39
Capítulo 8: Resultados.....	39
8.1 Resultados Cuantitativos.....	39
8.1.1 Análisis del Aprendizaje Conceptual (Pre-test vs. Post-test).....	40
Tabla 8.1 Tabla de Estadísticas Descriptivas (N=18).....	40
8.1.2 Análisis de la Experiencia del Usuario (compromiso).....	40
8.2 Resultados Cualitativos.....	44
8.2.1 Momentos 'Eureka' y Descubrimiento Intuitivo.....	44
8.2.2 Estrategias de Resolución de Problemas.....	44
8.2.3 La Fantasía Intrínseca en Acción.....	45
8.2.4 Conexión entre la Experiencia y el Concepto Formal.....	45
8.3 Síntesis del Capítulo.....	45
Capítulo 9: Discusión de Resultados.....	45
9.1 Recapitulación de los Hallazgos.....	46
9.2 Interpretación de los Hallazgos a la Luz de la Hipótesis.....	46
9.2.1 El Hallazgo Contraintuitivo: ¿Por qué no hubo una ganancia estadística?.....	46
9.2.2 El Rol del compromiso y los Datos Cualitativos: La Evidencia del Aprendizaje Profundo.....	47

9.3 Diálogo con el Marco Teórico.....	48
9.4 Implicaciones del Estudio.....	48
Capítulo 10: Conclusiones, Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación.....	49
10.1 Conclusión General.....	49
10.2 Contribuciones del Estudio.....	49
10.3 Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación.....	50
Referencias.....	51

Lista de Figuras

Figura 6.1 Fragmento de Código: Cálculo de la Aceleración Gravitacional.....	35
Figura 6.2 Fragmento de Código: Integración de Movimiento.....	35
Figura 8.1 Gráfica de respuestas a la pregunta 1 de la escala de compromiso.....	41
Figura 8.2 Gráfica de respuestas a la pregunta 2 de la escala de compromiso.....	41
Figura 8.3 Gráfica de respuestas a la pregunta 3 de la escala de compromiso.....	42
Figura 8.4 Gráfica de respuestas a la pregunta 4 de la escala de compromiso.....	42
Figura 8.5 Gráfica de respuestas a la pregunta 5 de la escala de compromiso.....	43
Figura 8.6 Gráfica de respuestas a la pregunta 6 de la escala de compromiso.....	43

Lista de Tablas

Tabla 8.1 Tabla de Estadísticas Descriptivas (N=18).....	40
--	----

Capítulo 1: Introducción

Dada nuestra posición en la historia, resulta evidente la disyuntiva del sistema educativo que la inercia de la sociedad ha venido manteniendo desde tiempos de la Revolución Industrial. Esta inercia ignora que nos encontramos viviendo en este momento el clímax de una nueva revolución industrial. Llamamos a internet la gran revolución, sin darnos cuenta de que apenas hemos estado construyendo la infraestructura de lo que viene.

Hoy, la gran carretera de la información ha visto nacer y madurar industrias que han modificado profundamente a la humanidad (ejemplo: redes sociales), mientras que muchísimas más siguen emergiendo y redibujando las barreras del mundo real (IoT, AR, VR) o la forma en la que almacenamos, distribuimos y procesamos el conocimiento humano (ejemplo: Modelos de lenguaje grandes).

Todo esto ha generado una sociedad con un fuerte resentimiento hacia el modelo educativo. Dicho resentimiento se manifiesta en profesores que luchan desde su trinchera con recursos limitados y desactualizados; en padres y alumnos incapaces de relacionar el conocimiento académico con la vida real; y en "n" cantidad de egresados seguros de que "eso nomás sirve para pasar la materia", especialmente en disciplinas científicas como la matemática o la física.

En estas disciplinas, el sistema se limita a premiar la capacidad del alumno de encontrar la respuesta correcta, ignorando el pensamiento crítico, la curiosidad y la creatividad. A su vez, trata a las nuevas tecnologías como herramientas para hacer trampa en lugar de incorporarlas como parte del proceso de optimización para encontrar la respuesta.

No está a discusión la necesidad de incorporar los conocimientos de algoritmos básicos para la resolución de problemas. Lo que sí debería estar a discusión es la dependencia completa de muchos cursos en ejercicios de mecanización y memorización. Esto trata a los infantes y adolescentes como si fueran calculadoras, en tiempos en que ellos mismos portan en el bolsillo una máquina con la capacidad de resolver esos cálculos en milésimas de segundo, y castiga la creatividad, cuando realmente es una de las cualidades más humanas que deberíamos estar nutriendo.

La Generación Z y la Generación Alfa se están formando en un modelo educativo que tenía vigencia hace 100 años. Estos nativos digitales, anatómicamente idénticos a sus padres y a sus abuelos, ya presentan alteraciones en el procesamiento cognitivo y la atención, asociadas a la realidad que experimentan a través del mundo digital. Encuentran en Internet lienzos infinitos para desarrollar su personalidad, interactuar con otros como ellos y definir su individualidad.

Es absurdo que en pleno 2025, con tecnologías tan poderosas y accesibles, los modelos educativos tienden a ver la computadora en el bolsillo como un enemigo al que hay que

apaciguar, en lugar del intérprete que nos puede ayudar a hablar con las nuevas generaciones no solo en su propio idioma, sino también en su propio mundo.

La rigidez del sistema educativo y su inflexibilidad para incorporar apropiadamente el uso de nuevas tecnologías ha provocado una generación de egresados frustrados que tienen que redescubrir en la vida real, a través de sus primeras experiencias laborales, lo que en teoría ya deberían haber aprendido en la escuela.

Nuestro contexto histórico actual requiere que adoptemos con urgencia estas nuevas tecnologías como un aliado estratégico en el marco de teorías del aprendizaje innovadoras que aprovechen los mecanismos biológicos del aprendizaje para enseñar a las nuevas generaciones, para fomentar el aprendizaje por curiosidad y no por imposición.

Esta generación se enfrentará a un reto sin precedentes: construir nuevos sistemas políticos, económicos y sociales para poder vivir en un mundo de máxima optimización, donde la eficiencia de las máquinas nos obligará a redefinir el papel de la humanidad en su propia historia. Es nuestra responsabilidad como profesionales que están directamente relacionados con la educación, presentar propuestas acordes a los requisitos de las nuevas generaciones.

Es con dicha motivación que esta tesis propone un prototipo para el aprendizaje a través de experiencias digitales, con una simulación basada en física disfrazada de la fantasía de convertirse en un piloto espacial acompañada de un ejercicio pedagógico replicable basado en la teoría de situaciones didáctica.

1.1 Planteamiento del Problema: La desconexión entre el aprendizaje y la pasión

La desconexión entre las pasiones de los estudiantes y su aprendizaje es un problema clave del sistema educativo actual. Como argumenta Sir Ken Robinson, los modelos educativos de la era industrial priorizan la estandarización, estigmatizan el error y asfixian la creatividad, que es la fuente de la imaginación y la innovación.

Esta desconexión se manifiesta emocionalmente en los alumnos de una manera improductiva, ya que el aburrimiento y el hastío son tierra infértil para el aprendizaje. Un sistema centrado únicamente en la memorización y la calificación difícilmente logrará motivar e incentivar el compromiso (engagement). Daniel Goleman nos educa sobre la importancia de crear este vehículo emocional para ir más allá de la "educación bancaria" de la que hablaba Paulo Freire, y avanzar hacia la construcción de un conocimiento verdadero que pueda ser aplicado con inteligencia.

Esta visión se alinea directamente con la filosofía constructivista, que postula que el aprendizaje no es una recepción pasiva de información, sino un proceso activo donde

los estudiantes construyen su propio entendimiento al interactuar con el mundo. El sistema educativo actual, al tratar a los alumnos como receptáculos vacíos, opera en contra de este principio fundamental. Por ello, esta tesis argumenta que es necesario diseñar entornos donde el conocimiento sea una consecuencia de la acción y la exploración, no de la instrucción directa, para detonar un aprendizaje significativo.

Para lograr una inmersión total en las actividades educativas, necesitamos una mezcla equilibrada entre desafío y habilidad, con metas claras y retroalimentación inmediata. La intención es detonar en los estudiantes el estado de "flow" o "flujo", como lo describe Mihaly Csikszentmihalyi. El propósito es que el aprendizaje sea una consecuencia natural de explorar por auténtica curiosidad.

Esta desconexión es una consecuencia de un sistema que, en la práctica, ha sustituido la resolución de problemas genuinos por la ejecución de ejercicios rutinarios. Como lo define la literatura en didáctica de las matemáticas, un ejercicio es una tarea donde el método de solución es conocido de antemano, premiando la mecanización sobre el pensamiento. En contraste, un verdadero problema demanda ingenio, exploración y la construcción activa de una solución (Pérez Contreras, 2012). La Academia de Pilotos Espaciales se diseña explícitamente para revertir esta tendencia, presentando a los estudiantes no ejercicios disfrazados, sino problemas auténticos enmarcados en una fantasía motivadora.

1.2 Pregunta de investigación: ¿Puede el diseño de un juego con "fantasía intrínseca", asistido por IA, servir como un modelo efectivo para el aprendizaje de conceptos complejos y la medir la disposición del estudiante hacia la materia?

Para responder a este cuestionamiento es necesario abordarlo desde distintas teorías educativas y psicológicas que replantean los paradigmas actuales.

La base de esta propuesta es el juego como vehículo para el aprendizaje. El lingüista y pedagogo James Paul Gee destaca el poder situacional de los videojuegos como entornos educativos: al adoptar la identidad del personaje que controlan, los estudiantes se ven motivados a dominar reglas, resolver problemas y perseverar ante el fracaso.

Este proceso puede enmarcarse en la Teoría de Situaciones Didácticas de Guy Brousseau. El juego funciona como un milieu (medio); un entorno diseñado donde el estudiante interactúa con un problema que no parece 'escolar'. En el caso de la Academia de Pilotos Espaciales, para tener éxito en una misión, el jugador debe aplicar principios de física, transformando ideas abstractas en competencias de navegación concretas. El aprendizaje, por tanto, no es el objetivo explícito del jugador, sino la herramienta indispensable para ganar.

En este sentido, es fundamental la fantasía intrínseca. Para que el aprendizaje sea significativo, la narrativa del juego no puede ser un simple adorno, sino una fantasía intrínseca, como la define Thomas W. Malone (1981): un contexto imaginario ligado al contenido educativo, donde las acciones del jugador tienen sentido dentro del mundo representado. Esto exige construir un universo con reglas consistentes y una historia convincente que capture la imaginación del usuario.

El objetivo de esta fantasía intrínseca es lograr una desdidactificación del contenido; es decir, ocultar la intención pedagógica para que el aprendizaje surja de una necesidad auténtica dentro del juego. Para que esto ocurra, es fundamental el proceso de devolución del problema, un concepto clave de Brousseau. El juego debe ser capaz de 'devolver' el desafío al jugador de tal forma que este lo asuma como propio. La fantasía de la Academia de Pilotos Espaciales, con sus misiones y desafíos, no solo adorna la experiencia, sino que es el vehículo para esta devolución: el jugador no está 'resolviendo un ejercicio de física', está 'trazando una trayectoria para no estrellarse o perderse a la deriva'.

Esta visión se complementa con la teoría de Henry Jenkins sobre la narrativa transmedia, que resalta cómo la participación activa en un universo detallado potencia la inmersión y el compromiso emocional. La fantasía de la Academia de Pilotos Espaciales, con sus misiones, naves y desafíos, no solo adorna la experiencia: constituye su motor narrativo, fomentando la conexión emocional y superando la superficialidad de la gamificación tradicional.

El segundo pilar de la pregunta de investigación es el rol de la inteligencia artificial. La tesis propone que el diseño del juego fue llevado a cabo mediante codificación en modelos grandes de lenguaje (LLM), en lo que se denomina "vibe coding". Esta metodología permite al diseñador enfocarse en el desarrollo conceptual. Al describir el prototipo y sus funcionalidades en lenguaje natural, permite al diseñador centrarse en la experiencia de aprendizaje, optimizando el proceso de creación y enriqueciendo el resultado final.

Finalmente, el tercer y más crucial pilar es el de medir la disposición del estudiante hacia la materia. El objetivo del juego no es simplemente enseñar conceptos, sino funcionar como un laboratorio de autodescubrimiento. La visión de Mitch Resnick sobre la creatividad y el aprendizaje permanente apoya esta idea. Al proporcionar un entorno de exploración en tiempo real, el juego permite al alumno experimentar la resolución de problemas en un contexto libre de presión. El alumno no solo aprende, sino que se observa a sí mismo y puede descubrir si los retos que se le presentan en el videojuego le despiertan un interés mayor.

La pregunta de investigación abarca una serie de componentes interconectados que, de validarse, podrían ofrecer una propuesta conceptual para la transformación educativa. A través de la lente de Brousseau, Gee, Malone, Jenkins y Resnick, se justifica la

necesidad de un sistema de aprendizaje que combine la inmersión del juego, la coherencia de la fantasía y el poder de la tecnología para reconectar a los estudiantes con sus pasiones.

1.3 Hipótesis de Trabajo

A continuación, se presenta la hipótesis central que guiará la investigación. Esta afirmación conecta el diseño del prototipo, la metodología de creación y los resultados esperados.

1.3.1 Hipótesis Central

Un prototipo de juego con "fantasía intrínseca", desarrollado con "vibe coding", facilitará un aprendizaje más profundo y una detección de la disposición del estudiante hacia la materia más precisa que los modelos de enseñanza tradicionales, al aprovechar los mecanismos biológicos del juego para inducir el estado de "flow".

1.4 Objetivos

El objetivo general de esta tesis es demostrar que el aprendizaje de conceptos científicos puede ser más efectivo y significativo a través de un enfoque lúdico y motivador. Para lograrlo, se establecen los siguientes objetivos específicos:

Objetivo General: Diseñar, desarrollar y validar un prototipo de juego con "fantasía intrínseca" y asistido por la metodología de "vibe coding", con el fin de evaluar su efectividad para el aprendizaje de conceptos complejos de mecánica orbital, así como su capacidad para detectar las pasiones y talentos de los estudiantes.

Objetivos Específicos

- Fundamentar el marco teórico:
 - Argumentar el juego como un mecanismo biológico de aprendizaje.
 - Diferenciar la "fantasía intrínseca" de la gamificación superficial.
 - Justificar la relevancia de un enfoque de aprendizaje que conecte con la motivación, el "flow" y la creatividad de los estudiantes.
- Validar la metodología de diseño:
 - Exponer el proceso de "vibe coding" como una metodología de colaboración entre humano e IA.
 - Analizar las ventajas y los desafíos de esta metodología en el diseño de un prototipo de software educativo.
- Desarrollar y evaluar el prototipo de juego:
 - Construir un prototipo funcional de la Academia de Pilotos Espaciales.
 - Demostrar cómo las mecánicas del juego están intrínsecamente ligadas a los conceptos de física.

- Validar la efectividad del prototipo mediante un diseño experimental de pre-test y post-test para medir la ganancia de aprendizaje conceptual en mecánica orbital.
- Evaluar la calidad de la experiencia inmersiva y el compromiso de los estudiantes a través de instrumentos psicométricos validados.
- Incentivar la producción de contenido y la creación de una comunidad:
 - Esbozar una estrategia para que el prototipo sirva como plataforma para la creación de contenidos bajo la misma filosofía.
 - Proponer mecanismos para que los usuarios (estudiantes, profesores) puedan generar sus propias experiencias educativas basadas en la "fantasía intrínseca" y el "vibe coding".

1.5 Justificación del Estudio

La presente investigación se justifica por la urgencia de abordar la disyuntiva de la educación moderna, donde un modelo pedagógico obsoleto choca con las demandas de una nueva era tecnológica. El sistema actual, enfocado en la estandarización y la memorización, ha generado un profundo resentimiento en profesores y estudiantes, evidenciando una desconexión entre el aprendizaje y la pasión que es insostenible en el siglo XXI. Esta tesis no solo busca diagnosticar este problema, sino que propone una solución conceptual y práctica para enfrentarlo.

Desde una perspectiva teórica, este estudio pretende contribuir al campo de la tecnología educativa. Al proponer un modelo basado en la "fantasía intrínseca", se busca ir más allá de la gamificación superficial para explorar una pedagogía que honre los principios del aprendizaje situado (James Paul Gee) y el estado de "flow" (Mihaly Csikszentmihalyi). La tesis se justifica como un puente entre la teoría del aprendizaje biológico y la aplicación de un diseño de software que nutra la creatividad, tal como la defiende Ken Robinson.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio es pionero al documentar y analizar el proceso de "vibe coding". Esta metodología de colaboración creativa entre humano e IA es una contribución relevante para el diseño de software educativo, ya que ofrece un marco para la creación de experiencias innovadoras. La tesis, al detallar este proceso, servirá como un caso de estudio sobre cómo las nuevas tecnologías pueden ser aliadas estratégicas en la investigación y el desarrollo.

Finalmente, desde una perspectiva práctica, este trabajo se justifica por la construcción de un prototipo funcional. La Academia de Pilotos Espaciales es un ejemplo tangible de un modelo que busca incentivar el aprendizaje por curiosidad y no por imposición. Este prototipo, al estar diseñado para la inmersión, no solo facilitará la adquisición de conocimientos de física y matemáticas, sino que servirá como una herramienta para que

los alumnos descubran y nutran sus pasiones, cumpliendo así con la misión principal de esta investigación.

1.6 Metodología

La metodología de esta investigación se basa en un enfoque de investigación-creación, que combina el rigor académico con el proceso de producción de un artefacto digital. Este enfoque permite no solo analizar un problema teórico, sino también construir una solución tangible para probar las hipótesis.

El estudio se estructurará en dos fases principales:

1.6.1 Fase 1: Marco Teórico y Conceptual

Esta fase es de naturaleza cualitativa y se centrará en la revisión de literatura para construir los fundamentos de la tesis.

Revisión Bibliográfica: Para el Capítulo 3, se abordará un análisis de la literatura sobre el juego como mecanismo biológico y su validación desde las perspectivas psico-pedagógicas de Piaget, Bruner y Dewey. Se analizarán también casos de estudio relevantes como Kerbal Space Program y DragonBox para posicionar la propuesta de la tesis.

En el Capítulo 4, se diferenciará el concepto de "fantasía intrínseca" de la gamificación superficial, y se explorará el concepto de "flow" y cómo el diseño del prototipo lo fomenta.

El Capítulo 5 se centrará en la metodología del "vibe coding" y su rol en el diseño asistido por IA, analizando críticamente el proceso y el rol del diseñador.

Finalmente, para los Capítulos 6 y 7, se analizará la literatura pertinente sobre el diseño de prototipos como pruebas de concepto y los modelos de replicación sostenibles para fomentar una comunidad de práctica.

Documentación del "Vibe Coding": Se documentará de manera rigurosa el proceso de diseño y desarrollo asistido por IA. Se detallará cómo se utilizó un modelo de lenguaje para la conceptualización, la definición de la fantasía intrínseca y la arquitectura de la narrativa. Se hará un análisis de las ventajas y desafíos de esta metodología.

1.6.2 Fase 2: Diseño Experimental y Evaluación del Prototipo

Esta fase es de naturaleza práctica y se centra en la construcción y evaluación del prototipo mediante un diseño de métodos mixtos que integra datos cuantitativos y cualitativos en una sola sesión experimental. Para validar la efectividad del prototipo

como herramienta de aprendizaje, se diseñó e implementó la lección "Misión: Órbita Cero".

1.6.3 Modelo Pedagógico: "Misión: Órbita Cero"

El diseño experimental de 'Misión: Órbita Cero' no solo aplica la Teoría de Situaciones Didácticas de Brousseau, sino que también sigue de cerca las fases clásicas de resolución de problemas propuestas por George Polya (1945):

- Fase 1: Devolución y Línea Base (10 min): Corresponde a la fase de Comprensión del Problema de Polya. Se establecen las metas y se miden los recursos iniciales del estudiante con el pre-test.
- Fase 2: Interacción con el Simulador (20 min): Esta es la fase de Concepción y Ejecución de un Plan. El estudiante interactúa con el milieu, formula hipótesis (tácticas) y las prueba. Aquí se observan las dimensiones que Schoenfeld (1985) considera cruciales: los recursos que el alumno posee, las heurísticas (estrategias) que desarrolla, y su control metacognitivo (¿está funcionando mi plan?, ¿debo cambiarlo?).
- Fase 3: Institucionalización (15 min): Equivale a la fase de Revisión Retrospectiva. El investigador guía la discusión para formalizar el conocimiento intuitivo adquirido, conectando la experiencia con los conceptos formales y, a su vez, modificando el sistema de creencias del alumno sobre la física (la cuarta dimensión de Schoenfeld).

Participantes y Logística:

Se reclutaron n estudiantes universitarios de la UMSNH mediante pósteres informativos e invitaciones a los grupos. Las sesiones se llevaron a cabo en un laboratorio de cómputo los días 18, 20 y 22 de agosto de 2025, en grupos de 10 a 15 participantes para facilitar la discusión.

1.7 Consideraciones Éticas

La presente investigación se adhiere a los principios éticos fundamentales para la investigación con participantes humanos, procurando en todo momento el respeto a su autonomía, dignidad y bienestar. Se implementaron los siguientes protocolos para asegurar una práctica responsable:

1. Consentimiento Informado

Antes de iniciar cualquier actividad, se llevó a cabo un proceso de consentimiento informado. A cada participante se le entregó un documento que detallaba de manera clara y accesible los siguientes puntos:

- Propósito del estudio: El objetivo de la investigación y en qué consistiría su participación en la sesión "Misión: Órbita Cero".
- Voluntariedad: Se enfatizó que la participación era completamente voluntaria y que no recibirían ninguna compensación académica o de otro tipo que pudiera ser percibida como coercitiva.
- Procedimientos: Una descripción de las fases de la sesión (pre-test, interacción con el simulador, discusión grupal, post-test).
- Riesgos y Beneficios: Se informó que no existían riesgos previsibles más allá de los que se encuentran en el uso cotidiano de una computadora y que el principal beneficio era contribuir al conocimiento sobre nuevas formas de aprendizaje.
- Derecho de Retiro: Se aseguró a los participantes su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento, sin necesidad de dar explicaciones y sin que ello implicara ninguna consecuencia negativa.

Los participantes tuvieron la oportunidad de hacer preguntas y solo después de que todas sus dudas fueron resueltas, se les solicitó firmar el formato de consentimiento para poder iniciar el experimento.

2. Privacidad y Gestión de Datos Anónimos

Para proteger la identidad y la confidencialidad de los participantes, se implementó un estricto protocolo de anonimización:

- Codificación de Datos: A cada participante se le asignó un código alfanumérico único (ej. P01, P02, etc.). Todos los datos recolectados (resultados de pre-test y post-test, respuestas de la escala de compromiso, notas de campo) fueron etiquetados únicamente con este código.
- Desvinculación de Información Personal: Los formatos de consentimiento informado, que contenían los nombres y firmas, se almacenaron de forma segura y completamente separada de los datos de la investigación para impedir cualquier vinculación.
- Manejo de Grabaciones: Las grabaciones de audio de las discusiones grupales fueron utilizadas exclusivamente para su transcripción. Durante este proceso, cualquier nombre o dato que pudiera identificar a un participante fue omitido o reemplazado por su código. Una vez transcritas y verificadas, las grabaciones de audio originales fueron eliminadas permanentemente.

De esta manera, se garantiza que los resultados y las conclusiones de la tesis se presenten de forma agregada y anónima, protegiendo en todo momento la privacidad de quienes colaboraron en el estudio.

1.8 Metodología de Evaluación del Prototipo e Instrumentos

La evaluación del prototipo se enfoca en obtener evidencia empírica rigurosa sobre su impacto en dos áreas clave: la comprensión conceptual y el compromiso del estudiante. Para ello, se utilizan instrumentos validados y un enfoque de métodos mixtos.

1.8.1 Evaluación del Aprendizaje: Medición de la Ganancia Conceptual

El objetivo no es medir la memorización, sino la construcción de una comprensión intuitiva y cualitativa de los principios físicos. Por ello, en lugar de un examen tradicional, se utilizó un diseño de pre-test y post-test con un instrumento validado.

- Instrumento: Un inventario de conceptos de mecánica orbital (similar al Orbital Mechanics Concept Inventory, OMCI), traducido y adaptado. Este tipo de cuestionario está diseñado para evaluar la comprensión conceptual en lugar del conocimiento de fórmulas.
- Análisis: Se compararán los resultados del pre-test y el post-test para medir la ganancia de aprendizaje de cada participante y del grupo en general.

1.8.2 Evaluación de la Experiencia: Medición del compromiso

Para medir la calidad de la inmersión y la experiencia del usuario, un componente clave para el estado de flow, se utilizó una escala psicométrica validada.

- Instrumento: La escala ASPECT (Assessing Student Perceptions of compromiso in educational Computer-based aTivities) o un instrumento similar, aplicado al final de la sesión. Mide dimensiones como el reto, el control, el interés y la retroalimentación percibida.
- Análisis: Los resultados de la escala proporcionarán un perfil cuantitativo de la calidad de la experiencia de "fantasía intrínseca" generada por el prototipo.

1.8.3 Recolección de Datos Cualitativos

Para comprender el proceso de aprendizaje y dar contexto a los resultados cuantitativos, se emplearon dos técnicas cualitativas:

1. Protocolo de Observación Participante: Durante la fase de interacción, el investigador tomó notas de campo registrando verbalizaciones, estrategias de juego, y expresiones de frustración o descubrimiento ("momentos eureka").
2. Discusión Grupal: La sesión de institucionalización fue grabada y transcrita para analizar cómo los estudiantes articulaban su aprendizaje y conectaban la experiencia lúdica con los conceptos formales.

Este enfoque integrado permite no solo demostrar si el aprendizaje ocurrió, sino también explicar cómo la interacción con el milieu del juego lo hizo posible.

Capítulo 2: Antecedentes

Para contextualizar la propuesta de la Academia de Pilotos Espaciales, es fundamental analizar las tendencias y esfuerzos en la educación superior que abordan problemáticas similares. Este capítulo examina antecedentes a nivel internacional, nacional y, de manera crucial, local. El objetivo es demostrar que la necesidad de nuevos modelos pedagógicos, el uso de la tecnología para el aprendizaje y el enfoque en la formación integral no son ideas aisladas, sino parte de una conversación global y una necesidad documentada en nuestra propia facultad.

2.1 Antecedentes: El Software como Entorno de Descubrimiento

El núcleo de esta tesis es la creación de un artefacto digital que no "enseña" de manera explícita, sino que funciona como un entorno de descubrimiento o milieu didáctico. Este enfoque tiene raíces profundas en la pedagogía y ha sido validado por proyectos icónicos en el campo de la tecnología educativa.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- Seymour Papert y los "Micromundos" de LOGO: Quizás el antecedente más importante es el trabajo de Seymour Papert, discípulo de Piaget, en el MIT Media Lab. Papert desarrolló el lenguaje de programación LOGO y el concepto de "micromundos": entornos computacionales diseñados para que los niños aprendan conceptos complejos (como la geometría diferencial) a través de la exploración y la experimentación. En el famoso micromundo de la "tortuga", el niño no recibe una clase sobre ángulos y distancias; aprende al darle instrucciones a la tortuga para que dibuje formas. El software es un laboratorio donde el aprendizaje es una consecuencia de la acción con propósito, una idea que es el pilar fundamental de la Academia de Pilotos Espaciales.
- PhET Interactive Simulations (Universidad de Colorado Boulder): Este proyecto es el estándar de oro moderno en simulaciones educativas. PhET ofrece cientos de simulaciones interactivas y gratuitas para física, química y matemáticas. Su filosofía de diseño se basa en el aprendizaje implícito y el descubrimiento guiado. No hay tutoriales extensos ni instrucción directa; el estudiante aprende manipulando variables (ej. cambiando la masa de un planeta o la carga de una partícula) y observando las consecuencias inmediatas. PhET demuestra empíricamente que un medio digital bien diseñado es una herramienta de aprendizaje constructivista sumamente eficaz.
- Juegos de Simulación como Entornos de Aprendizaje (ej. SimCity, Civilization): Fuera del ámbito estrictamente académico, los videojuegos de simulación y

estrategia han demostrado ser poderosos entornos de aprendizaje no intencionado. Juegos como SimCity no enseñan urbanismo con un libro de texto; los jugadores aprenden sobre sistemas complejos, presupuestos y consecuencias a largo plazo al experimentar directamente con sus ciudades virtuales. Estos juegos validan el poder motivacional de la "fantasía intrínseca" y demuestran que los jugadores están dispuestos a dominar sistemas complejos si la experiencia es intrínsecamente interesante.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Si bien en México no existen proyectos con el alcance global de los mencionados, sí hay antecedentes importantes que validan componentes clave de esta tesis: el uso de la tecnología para la accesibilidad y el enfoque en el desarrollo de competencias.

- Uso de Plataformas Digitales (UNAM e ITESM): Instituciones como la UNAM, con su programa B@UNAM, y el Tecnológico de Monterrey, con su robusta oferta en línea, han sido pioneras en el uso de plataformas digitales para hacer la educación más accesible y flexible. Aunque su enfoque es a menudo más instruccional, establecen un precedente crucial: el uso estratégico de la tecnología para resolver problemas pedagógicos y superar barreras de acceso, un principio técnico fundamental de la Academia de Pilotos Espaciales, que al ser una aplicación web, busca la máxima accesibilidad.
- Enfoque en Competencias (Universidades Politécnicas): El modelo de las Universidades Politécnicas es notable por incluir en su currículo materias como "Habilidades del Pensamiento". Este antecedente es relevante porque valida la idea de que el objetivo de la educación no es solo la transmisión de contenidos, sino el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. Un milieu bien diseñado, como el que se propone, es precisamente una herramienta para fomentar estas habilidades: el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la metacognición.

2.2 Antecedente Local 1: Diagnóstico de la Formación Integral (Zavala García, 2020)

Un antecedente de particular relevancia para esta investigación es el trabajo de tesis de Zavala García (2020), realizado en la propia Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UMSNH. Dicho estudio tuvo como objetivo investigar las dificultades que enfrentan los estudiantes de nuevo ingreso y proponer un curso virtual de apoyo enfocado en la formación integral. Su relevancia radica en que proporciona un diagnóstico empírico, basado en encuestas a la población estudiantil, de los problemas que la Academia de Pilotos Espaciales busca atender desde un enfoque pedagógico diferente.

2.2.1 El Diagnóstico: Dificultades del Estudiante de la FCFM

La investigación de Zavala García (2020) aplicó una encuesta a 53 alumnos y exalumnos de la licenciatura, arrojando resultados que dibujan un panorama claro de los desafíos que enfrentan:

- Dificultad Académica Concentrada: La materia de Cálculo I fue señalada por el 53% de los encuestados como la de mayor dificultad en el primer año. Las razones principales incluyen la falta de bases previas, el lenguaje abstracto y el rigor de las demostraciones.
- Impacto Emocional y en la Autoestima: El estudio revela una fuerte conexión entre el rendimiento académico y el bienestar emocional.
- Un 78% de los estudiantes acepta que sus problemas personales o emocionales perjudican su desempeño académico.
- Un 66% reconoce que su autoestima se ve directamente afectada por las calificaciones obtenidas.
- Un abrumador 88% de los encuestados ha reprobado al menos una materia, y para el 40% de ellos, esta experiencia les generó un sentimiento de depresión.
- Necesidad de Habilidades Transversales: La mayor complicación reportada por los estudiantes no fue un tema académico específico, sino las técnicas de estudio y la mala organización (33%), seguido de cerca por el manejo de problemas personales y emocionales (22%). Esto subraya la necesidad de desarrollar la competencia de "aprender a aprender".

2.3 Antecedente Local 2: Análisis Cuantitativo de la Deserción (Hueramo Hueramo, 2022)

Si el trabajo de Zavala García (2020) proporciona el diagnóstico cualitativo de las dificultades que enfrentan los estudiantes, la tesis de Hueramo Hueramo (2022), también realizada en la FCFM, ofrece el análisis cuantitativo y estadístico del fenómeno más grave que resulta de estas dificultades: la deserción escolar. Este antecedente es crucial, pues traduce las percepciones de frustración y desmotivación en datos duros sobre el abandono estudiantil.

2.3.1 El Diagnóstico: Cuantificando el Abandono

La investigación de Hueramo Hueramo (2022) se centró en analizar las tendencias de la deserción en la facultad, utilizando datos oficiales de control escolar y encuestas a estudiantes de primer ingreso. Sus hallazgos confirman y cuantifican la magnitud del problema:

- La Deserción se Concentra al Inicio: El análisis de las cohortes generacionales (2012-2016) revela un patrón alarmante y consistente: la tasa de abandono es

masiva entre el primer y segundo semestre, alcanzando cifras superiores al 50%. Por ejemplo, la generación 2013 tuvo una tasa de deserción del 61.7% en este periodo.

- Factores de Riesgo: A través de un modelo de regresión y análisis de datos, el estudio exploró la relación entre el rendimiento académico (calificación en el examen de ingreso) y la probabilidad de desertar. Si bien el modelo no arrojó una correlación estadísticamente significativa, sí evidenció que un alto número de estudiantes con calificaciones por debajo del promedio terminaron abandonando el programa.
- Impacto de Factores Externos: El estudio también documenta el impacto de la pandemia de COVID-19, mostrando una disminución notable en las cifras de reinscripción durante los ciclos escolares afectados, lo que sugiere una vulnerabilidad del alumnado ante crisis externas.

2.4 Síntesis y Justificación para la Academia de Pilotos Espaciales

El conjunto de estos antecedentes pinta un cuadro completo. A nivel internacional, existe una rica tradición de uso de software como entorno de descubrimiento, desde los "micromundos" de Papert hasta las simulaciones modernas. A nivel nacional, se reconoce la importancia de la tecnología y el desarrollo de habilidades del pensamiento. Finalmente, a nivel local, los trabajos de Zavala García y Hueramo Hueramo proporcionan una justificación empírica irrefutable: el modelo actual en la FCFM, a pesar de su rigor académico, genera un ambiente de alta presión que afecta negativamente el bienestar emocional de los estudiantes y culmina en tasas de deserción insostenibles.

La Academia de Pilotos Espaciales se posiciona como una respuesta directa a este diagnóstico. Mientras que los antecedentes muestran soluciones enfocadas en el apoyo externo (cursos propedéuticos, talleres), esta tesis propone una intervención en el núcleo de la experiencia de aprendizaje. Al transformar la manera en que se enseñan los conceptos fundamentales, se busca crear un entorno que no solo sea efectivo para la transmisión de conocimiento, sino que también fomente la persistencia, la resiliencia y el compromiso, atacando así una de las causas raíz del problema de la deserción.

Capítulo 3: El Juego como Mecanismo Biológico de Aprendizaje

El acto de aprender no constituye una invención pedagógica, sino una ventaja adaptativa fundamental, profundamente arraigada en la historia evolutiva de las especies. Dentro de este marco, el juego emerge no como una actividad trivial o un mero pasatiempo, sino como el mecanismo biológico por excelencia que la evolución ha perfeccionado

para un fin primordial: programar organismos adaptables, resilientes y socialmente competentes. La función principal del juego es, por tanto, servir como un laboratorio de simulación para la vida, un campo de entrenamiento donde el individuo puede prepararse para los desafíos del mundo real en un entorno de bajo riesgo.

Esta dinámica es observable con claridad en todo el reino de los mamíferos, un testimonio de su eficacia evolutiva. Los cachorros de felinos que se acechan y emboscan en juegos de caza no están simplemente pasando el tiempo; están calibrando distancias, perfeccionando habilidades motoras finas y gruesas, y desarrollando las estrategias de ataque y evasión que necesitarán para una cacería real, donde un error de cálculo puede significar la inanición. De manera similar, los primates jóvenes que participan en complejos juegos sociales de persecución y lucha simulada están haciendo mucho más que ejercicio físico. Están aprendiendo a interpretar complejas señales sociales, a navegar las jerarquías de su comunidad, a desarrollar la conciencia espacial tridimensional requerida para moverse en su ecosistema y a forjar las alianzas que definirán su futuro estatus social (Groos, 1898).

Los seres humanos no son la excepción a esta regla biológica; de hecho, representan su manifestación más sofisticada. Los juegos de rol que los niños plantean de forma natural e inventiva —jugar a ser doctores, a la familia o a la escuela— son simulaciones de alta fidelidad de la realidad social. A través de estas representaciones, los niños no solo imitan el mundo adulto, sino que lo deconstruyen y reconstruyen activamente. Exploran roles sociales, negocian reglas, resuelven conflictos, desarrollan la "teoría de la mente" al ponerse en el lugar del otro, experimentan con la causa y el efecto ("¿qué pasa si el bebé no deja de llorar?"), y aprenden a manejar riesgos emocionales y sociales en un entorno seguro y controlado (Vygotsky, 1978).

El poder del juego como motor de aprendizaje reside en la activación de tres mecanismos cognitivos fundamentales:

1. La Simulación de Escenarios: El juego permite al cerebro construir y ejecutar modelos mentales de situaciones futuras. Cada vez que un niño "juega a", está creando una simulación que fortalece las vías neuronales asociadas a esa tarea, preparándolo para actuar de manera más efectiva cuando la situación real se presente.
2. La Experimentación Libre con Causa y Efecto: El juego es, en esencia, un laboratorio científico personal. Ofrece un bucle de retroalimentación constante y seguro donde se pueden probar hipótesis ("si empujo esta torre, se caerá") y entender sus consecuencias sin temor a un castigo o un fracaso irreversible. Este ciclo de acción y observación es la base del pensamiento empírico.
3. La Gestión Controlada del Riesgo: Desde el riesgo físico de trepar un árbol hasta el riesgo social de proponer una nueva regla en un juego, esta actividad enseña a los individuos a evaluar, afrontar y mitigar peligros. Se aprende a calibrar las

propias habilidades frente a un desafío, una competencia esencial para la autonomía y la resiliencia.

El problema fundamental del sistema educativo moderno, heredero de la era industrial, es que en su búsqueda de eficiencia, estandarización y resultados medibles, ha creado un entorno de aprendizaje hostil para estos mecanismos biológicos. Al eliminar la simulación auténtica en favor de la abstracción, la experimentación libre en favor de la instrucción directa, y el riesgo en favor de la certeza de la respuesta correcta, genera inevitablemente el aburrimiento y la desconexión que caracterizan al estudiante desmotivado.

El problema, por tanto, no reside en una supuesta apatía del alumno, sino en un método pedagógico que opera en directa contradicción con su propia naturaleza biológica.

Esta tesis, en consecuencia, no busca demostrar la ya validada efectividad del juego. Parte de esta premisa como un axioma biológico para proponer un modelo concreto y tecnológicamente informado, capaz de reintegrar estos mecanismos esenciales en el aprendizaje de conceptos científicos complejos, comenzando así a resolver la disyuntiva educativa de nuestro tiempo.

3.1 Del Instinto Biológico a la Construcción Cognitiva: Perspectivas Psico-pedagógicas

Si la biología y la evolución explican el porqué el juego es un mecanismo de aprendizaje tan eficaz, las teorías psico-pedagógicas del siglo XX nos ofrecen un mapa detallado del cómo opera este proceso en la mente del individuo, enmarcado en la dicotomía fundamental que define la educación moderna: el Instruccionismo frente al Constructivismo. El modelo instruccionista, heredero de la era industrial y criticado por Paulo Freire como "educación bancaria", concibe al estudiante como un receptor pasivo de información que debe ser "llenado" por el docente. En contraste, el constructivismo postula que el aprendizaje es un proceso activo de construcción, donde el conocimiento se edifica a través de la interacción significativa con el entorno.

Esta tesis y el prototipo de la Academia de Pilotos Espaciales se posicionan firmemente en este segundo paradigma. Se argumenta que para diseñar experiencias de aprendizaje verdaderamente efectivas, es crucial entender los mecanismos cognitivos que el juego activa. En este sentido, el trabajo de Jean Piaget, Jerome Bruner y John Dewey no solo valida esta visión, sino que forma la tríada fundamental que informa directamente el diseño de esta herramienta, buscando transformar al alumno de un espectador a un arquitecto de su propio entendimiento.

3.1.1 Jean Piaget: El Juego como Asimilación y Construcción del Conocimiento

Para Jean Piaget, el padre del constructivismo, el aprendizaje es un proceso activo de construcción y no de recepción pasiva de información. Este proceso se da a través de dos mecanismos clave: la asimilación y la acomodación. El juego, en su forma más pura, es el principal motor de la asimilación: el niño toma elementos del mundo real y los amolda a sus estructuras mentales existentes para practicarlas y dominarlas.

Sin embargo, un entorno de aprendizaje bien diseñado, como la Academia de Pilotos Espaciales, provoca un ciclo constante entre ambos procesos:

Asimilación: El jugador llega con un esquema mental preexistente sobre el movimiento ("si quiero ir allá, apunto hacia allá y acelero"). En el Nivel 1, este esquema es suficiente para sobrevivir.

Desequilibrio: Al llegar al Nivel 2, el mismo esquema mental produce un fracaso constante. El instinto de volar directamente hacia el objetivo resulta en trayectorias incorrectas y en la incapacidad de completar la misión. Esto genera un conflicto cognitivo o desequilibrio.

Acomodación: Para resolver este conflicto, el jugador se ve forzado a modificar su estructura mental. Debe acomodar un nuevo concepto contraintuitivo: en el espacio, para llegar a una órbita más alta, a veces hay que acelerar en direcciones contraintuitivas.

El prototipo funciona como un laboratorio piagetiano donde el fracaso no es un castigo, sino la señal de que un modelo mental es insuficiente, motivando al jugador a construir uno nuevo y más sofisticado para alcanzar el equilibrio, que en este caso es el éxito en la misión.

3.1.2 Jerome Bruner: El Descubrimiento Guiado y el Andamiaje en el Juego

Jerome Bruner, a diferencia de un constructivismo más radical, defendió el concepto de aprendizaje por descubrimiento guiado. Sostenía que el aprendizaje es más significativo cuando los estudiantes descubren los principios por sí mismos, pero dentro de una estructura que los apoya, un concepto que denominó andamiaje (scaffolding).

El juego, para Bruner, es el vehículo perfecto para este proceso, ya que "reduce las consecuencias del error", permitiendo una exploración libre y sin miedo al fracaso. La Academia de Pilotos Espaciales es un ejemplo directo de la teoría de Bruner en acción:

Entorno de Descubrimiento: El juego no presenta una clase sobre las leyes de Kepler. En cambio, crea un medio donde el jugador, a través de la experimentación, descubre estas leyes de manera funcional. El aprendizaje es una consecuencia de la acción y la exploración, no de la instrucción directa.

Andamiaje Explícito: La progresión de los niveles es una forma de andamiaje cuidadosamente diseñada. Se empieza con una tarea simple (sobrevivir) para luego retirar gradualmente el apoyo y presentar desafíos más complejos que requieren la combinación de habilidades previas (lograr una órbita estable).

Currículo en Espiral: El diseño también refleja el concepto de Bruner del currículo en espiral. El concepto de "aplicar empuje" se introduce en el Nivel 1, se revisita con mayor complejidad en el Nivel 2 para maniobras orbitales, y se domina en el Nivel 3 para la intercepción de objetivos.

El HUD del juego, con su información en tiempo real sobre la trayectoria, actúa como un andamio cognitivo adicional, proveyendo la retroalimentación inmediata que Bruner consideraba esencial para el aprendizaje.

3.1.3 John Dewey: La Experiencia como Motor del Aprendizaje Auténtico

John Dewey, pionero del pragmatismo y la educación experiencial, argumentó que el aprendizaje más profundo ocurre cuando se conecta directamente con la experiencia real y los intereses del estudiante. Su famosa máxima, "aprender haciendo", critica un sistema educativo que aísla el conocimiento en materias abstractas, desconectadas de la vida.

La filosofía de Dewey resuena en el núcleo de esta tesis. La Academia de Pilotos Espaciales es un intento deliberado de combatir esta desconexión al transformar conceptos abstractos de física en una experiencia vivida y con un propósito claro:

Aprender Haciendo: El jugador no aprende sobre la energía orbital leyendo una definición; la aprende sintiendo cómo su nave se pierde a la deriva si no tiene suficiente velocidad. La física deja de ser una fórmula en un pizarrón y se convierte en una regla tangible que gobierna su supervivencia.

Intereses y Propósito: La "fantasía intrínseca" de ser un piloto espacial es precisamente la herramienta que dota de propósito e interés a la tarea. Como diría Dewey, el problema (llegar a Marte) es real para el alumno dentro del contexto de la experiencia, lo que garantiza un compromiso intelectual y emocional que la simple resolución de un ejercicio en papel rara vez logra.

En conclusión, estas tres perspectivas psico-pedagógicas, en diálogo con la base biológica, forman un fundamento teórico robusto. Demuestran que el juego no es solo un instinto, sino una herramienta cognitiva poderosa. Piaget nos muestra cómo el juego

reestructura el pensamiento; Bruner, cómo debe ser guiado y estructurado para ser efectivo; y Dewey, cómo debe anclarse en una experiencia auténtica y motivadora. La Academia de Pilotos Espaciales fue diseñada conscientemente sobre estos pilares, buscando no solo aprovechar el impulso biológico del juego, sino canalizarlo a través de un diseño pedagógico informado y eficaz.

3.2 Estado del Arte: Lecciones de Gigantes Digitales

Los principios constructivistas y el aprendizaje basado en el juego no son meras abstracciones teóricas; han sido la base de algunas de las herramientas educativas digitales más impactantes de la última década. Analizar estos casos de éxito es fundamental para validar el enfoque de esta tesis y para delimitar con precisión su contribución única. A continuación, se examinan dos ejemplos paradigmáticos: Kerbal Space Program, como un laboratorio de descubrimiento no intencionado, y DragonBox, como una obra maestra de la desdidactificación.

3.2.1 Caso de Estudio 1: Kerbal Space Program – El Laboratorio Constructivista Accidental

Kerbal Space Program (KSP) es un videojuego donde los jugadores diseñan, construyen y lanzan cohetes, naves y vehículos espaciales. Aunque se comercializa como un juego, se ha convertido en una de las herramientas más potentes para el aprendizaje intuitivo de la mecánica orbital y la ingeniería aeroespacial.

Aciertos y Alineación Teórica:

- El Milieu Perfecto (Brousseau): KSP es, en esencia, un medio didáctico puro. El juego no "enseña" física; simplemente presenta un universo con un conjunto de reglas físicas coherentes. El aprendizaje surge de la interacción directa del jugador con este entorno.
- Aprender Haciendo y Fracasando (Dewey/Piaget): El ciclo de juego en KSP es un ciclo constructivista por excelencia. El jugador construye una nave (hipótesis), la lanza (experimento) y, muy a menudo, observa cómo explota espectacularmente (resultado). Este fracaso no es un castigo, sino una fuente invaluable de datos que obliga al jugador a acomodar sus esquemas mentales y refinar su diseño.
- Fantasía Intrínseca Pura (Malone): La fantasía de dirigir un programa espacial está intrínsecamente ligada al contenido. Los conceptos de empuje, centro de masa, y maniobras orbitales no son adornos; son las herramientas indispensables para cumplir la fantasía.

La Brecha Pedagógica:

La principal limitación de KSP es la ausencia de un andamiaje (scaffolding) deliberado (Bruner). La curva de aprendizaje es famosa entre su comunidad por ser extremadamente abrupta. El juego no guía al principiante, lo que puede generar una enorme frustración e impedir que muchos descubran la riqueza del sistema. No fue diseñado como una herramienta pedagógica, sino como una simulación compleja.

3.2.2 Caso de Estudio 2: DragonBox – La Obra Maestra del Andamiaje y la Desdidactificación

En el extremo opuesto del espectro se encuentra DragonBox, un juego explícitamente diseñado para enseñar los fundamentos del álgebra a niños, incluso antes de que sepan qué es una variable.

Aciertos y Alineación Teórica:

- Andamiaje Magistral (Bruner): DragonBox es el ejemplo definitivo de un currículo en espiral y un andamiaje perfecto. El juego introduce conceptos algebraicos de forma progresiva y visual. Comienza con iconos y reglas de puzle (modo icónico) y, de manera casi imperceptible, va reemplazando los iconos por variables y las acciones del juego por operaciones algebraicas formales (modo simbólico).
- Desdidactificación y Devolución (Brousseau): El juego oculta de manera brillante su intención pedagógica. El niño no siente que está "haciendo matemáticas"; siente que está liberando a un dragón atrapado en una caja. El problema se devuelve al jugador de una forma que él acepta como un reto lúdico propio, no como una tarea escolar.

La Brecha de la Fantasía:

Si bien es extremadamente efectivo, la fantasía de DragonBox es, en última instancia, una metáfora extrínseca. Los dragones y los monstruos son una capa que representa las reglas del álgebra, pero no están intrínsecamente conectados a ellas. La mecánica podría reemplazarse por gemas y cajas y seguiría funcionando.

Junto a estos modelos, es pertinente analizar el enfoque de gigantes de la industria como DreamBox, que representa el estándar de oro en el aprendizaje adaptativo. A diferencia de la desdidactificación de DragonBox o el aprendizaje emergente de Kerbal Space Program, el paradigma de DreamBox se centra en la instrucción personalizada y guiada por datos. Su fortaleza radica en el uso de algoritmos para crear rutas de aprendizaje individualizadas, asegurando que los estudiantes dominen conceptos matemáticos a su propio ritmo. Si bien este enfoque es altamente eficaz para optimizar la adquisición de conocimientos curriculares y atender la heterogeneidad en el aula, su objetivo es personalizar la entrega de contenido, mientras que la "Academia de Pilotos Espaciales" busca que el aprendizaje sea una consecuencia natural de la inmersión en un mundo con

propósito. De esta manera, la presente tesis se alinea más con la visión de Dewey sobre la experiencia como motor del aprendizaje auténtico, proponiendo un modelo que complementa, en lugar de competir, con la eficiencia de las plataformas adaptativas.

3.3 Síntesis: Posicionando la Academia de Pilotos Espaciales

El análisis de estos dos casos revela un hueco claro en el panorama del aprendizaje basado en juegos. Por un lado, tenemos simulaciones complejas como KSP, que ofrecen un medio rico y una fantasía intrínseca muy potente, pero carecen de andamiaje pedagógico, resultando inaccesibles para muchos. Por otro lado, tenemos juegos como DragonBox, que son un modelo de andamiaje y desdidactificación, pero cuya fantasía es más bien una metáfora ingeniosa que un mundo coherente.

La propuesta de esta tesis, la Academia de Pilotos Espaciales, se posiciona precisamente en la intersección de estos dos mundos. El objetivo es crear una experiencia que combine:

- La motivación y el aprendizaje situado de una fantasía intrínseca (como en KSP), donde la física no es un tema a estudiar, sino las reglas del universo que se debe dominar para sobrevivir.
- La estructura y el diseño pedagógico deliberado de un andamiaje cuidadoso (como en DragonBox), que guíe al estudiante a través de un currículo en espiral, desde conceptos intuitivos hasta maniobras complejas, culminando en la fase de institucionalización del conocimiento propuesta por Brousseau.

De esta manera, la Academia de Pilotos Espaciales no busca replicar estos éxitos, sino aprender de ellos para ofrecer una solución que integre lo mejor de ambos enfoques, creando una herramienta de aprendizaje potente, accesible y genuinamente motivadora.

Capítulo 4: De la Gamificación Superficial a la fantasía intrínseca

En un intento por combatir la creciente desmotivación estudiantil, el sector educativo ha adoptado con frecuencia el término "gamificación". En su forma más común, este enfoque consiste en agregar elementos extrínsecos de juego —como puntos, medallas o tablas de clasificación— a tareas didácticas tradicionales. Herramientas como Duolingo son ejemplos valiosos de esta transición, pues han demostrado ser eficaces para aumentar la participación y han permitido al docente evolucionar de un mero calificador a un guía que utiliza datos para personalizar el aprendizaje.

Sin embargo, la gamificación, aunque útil, a menudo se limita a decorar una actividad cuya motivación fundamental sigue siendo externa. Es una capa superficial sobre una estructura preexistente. En contraste, esta tesis aboga por un concepto más profundo: la

"fantasía intrínseca". Definida por Thomas W. Malone (1980), la fantasía intrínseca no busca simplemente hacer más amena una tarea, sino rediseñar la experiencia de aprendizaje desde su núcleo para que la motivación sea intrínseca. No se trata de adornar un ejercicio, sino de construir un mundo inmersivo donde el conocimiento no se presenta explícitamente, sino que se convierte en la herramienta indispensable para superar los retos que plantea ese mundo.

El motor psicológico que impulsa la fantasía intrínseca es el estado de "flow", un concepto acuñado por Mihaly Csikszentmihalyi (1990) para describir ese estado de inmersión total en el que un individuo se encuentra completamente absorto en una actividad, perdiendo la noción del tiempo y experimentando un profundo disfrute. Para que el "flow" ocurra, Csikszentmihalyi identifica tres condiciones cruciales:

1. Metas claras y definidas: El individuo debe saber en todo momento qué es lo que tiene que hacer.
2. Retroalimentación inmediata y sin ambigüedades: El individuo debe poder ver las consecuencias de sus acciones en tiempo real.
3. Un equilibrio percibido entre el desafío de la tarea y las habilidades del individuo: La tarea no debe ser tan fácil como para causar aburrimiento, ni tan difícil como para provocar ansiedad.

El prototipo Academia de Pilotos Espaciales fue diseñado explícitamente como una máquina generadora de "flow", cumpliendo deliberadamente con estas tres condiciones:

1. Metas Claras: Cada nivel presenta un objetivo simple y directo. En el Nivel 1, la meta es "sobrevivir 60 segundos". En el Nivel 2, es "llegar a un checkpoint". En el Nivel 3, es "lograr una órbita estable alrededor de un objetivo". El jugador siempre conoce su misión.
2. Retroalimentación Inmediata: El jugador no espera una calificación. La retroalimentación es constante y multifacética. Visualmente, la trayectoria de la nave se recalcula y se muestra en tiempo real con cada impulso del motor. Numéricamente, un HUD (Head-Up Display) ofrece datos físicos cruciales (velocidad, energía orbital, aceleración) que un piloto real necesitaría. Consecuencialmente, los mensajes de "Game Over" explican la causa exacta del fracaso ("Colisión con la Tierra", "Perdido a la deriva"), permitiendo al jugador aprender directamente de su error.
3. Equilibrio Desafío/Habilidad: El diseño presenta una curva de dificultad y aprendizaje cuidadosamente calibrada. Tras un breve tutorial que enseña las habilidades básicas (apuntar, acelerar), el juego progresa:
 - a. Nivel 1 (Velocidad de Escape): Introduce un reto intuitivo (¡no te estrelles!) que se resuelve con una habilidad básica (acelerar en dirección opuesta a la Tierra). El desafío es encontrar el equilibrio justo para escapar de la atracción gravitacional sin perderse en el espacio.

- b. Nivel 2 (Mecánica Orbital): Plantea un desafío contraintuitivo. Para llegar a un checkpoint, el jugador debe ignorar su instinto de volar directamente hacia él y, en cambio, aplicar un concepto más complejo de mecánica orbital, ajustando su trayectoria de manera indirecta.
- c. Nivel 3 (Transferencia Orbital): Aumenta la complejidad, exigiendo al jugador que combine múltiples habilidades (gestión del tiempo y ajuste preciso de órbitas) para interceptar un objetivo en movimiento.

En este modelo, el aprendizaje de la física no es un objetivo declarado, sino una consecuencia necesaria de la inmersión. El jugador no está "resolviendo un ejercicio de física"; está "pilotando una nave espacial". El conocimiento se convierte en la herramienta para la supervivencia y el éxito, logrando así una conexión auténtica y duradera entre el estudiante y la materia.

Capítulo 5: Vibe Coding como Metodología de Diseño Pedagógico

El desarrollo del prototipo que se presenta en esta tesis se llevó a cabo utilizando una metodología emergente denominada "vibe coding". El término, acuñado por el investigador de inteligencia artificial Andrej Karpathy en 2025, describe un proceso de desarrollo de software en el que el creador utiliza modelos de lenguaje grandes (LLM) para convertir descripciones detalladas en lenguaje natural en código funcional y bien estructurado.

Esta metodología, que podría parecer puramente experimental, ya está siendo validada por el mercado. Plataformas emergentes como Vevey.ai se basan precisamente en esta premisa: ofrecer herramientas que permiten a los creadores, incluso a principiantes, prototipar y construir experiencias lúdicas describiendo sus ideas en lenguaje sencillo. La existencia de estas tecnologías demuestra que el "vibe coding" no es solo un flujo de trabajo individual, sino una tendencia creciente en la democratización del desarrollo de software, con un potencial evidente para la creación ágil de herramientas pedagógicas.

Es fundamental entender que el "vibe coding" efectivo no es un acto de delegación mágica ni una simple automatización. No consiste en dar una instrucción vaga como "haz un juego". Por el contrario, es una forma de colaboración rigurosa en la que el diseñador humano debe actuar primero como un arquitecto de software: debe conceptualizar la aplicación, desglosar el problema en componentes lógicos, definir las funciones necesarias y estructurar la experiencia del usuario. Solo entonces puede instruir a la IA, con un alto grado de detalle, para que codifique esas funciones específicas.

La principal ventaja estratégica de esta metodología, especialmente en el campo de la tecnología educativa, es que libera al diseñador pedagógico de la tiranía de la sintaxis y

del trabajo de codificación más repetitivo. Le permite enfocar su energía cognitiva en las preguntas de más alto nivel que definen la calidad de la experiencia de aprendizaje: ¿Esta mecánica de juego realmente enseña el concepto físico deseado? ¿La interfaz es intuitiva y fomenta la inmersión? ¿La curva de dificultad está bien calibrada para inducir el estado de "flow"?

El siguiente prompt, utilizado para generar la base del prototipo Academia de Pilotos Espaciales con el modelo de lenguaje Gemini 2.5 Pro, ilustra este proceso de colaboración. No es una petición abierta, sino un documento de diseño de software detallado, traducido a lenguaje natural:

"Quiero hacer un SPA de un videojuego para la enseñanza de conceptos clave de mecánica orbital (velocidad de escape, trayectoria orbital y energía orbital) mediante tres niveles (mantenerse en vuelo por x segundos, llegar a un checkpoint mediante control de trayectoria, lograr una órbita estable). La simulación será una simplificación en 2D, consideraremos solamente la atracción gravitacional de la Tierra en el origen del plano cartesiano. Sin embargo, lo ambientaremos en un entorno 3D usando three.js, montaremos una cámara en una altura considerable enfocando el cuadro de la Tierra y la nave espacial. Usaremos recursos .glb para la nave y la Tierra. Para el fondo usaremos una foto de la Vía Láctea. Para controlar la nave utilizaremos un HUD con un radar en el que el usuario podrá rotar la nave mediante un clic que traza un vector desde la posición actual de la nave hasta el punto de clic. Dicho vector representará la dirección en la cual la nave acelerará. El HUD también incluye un botón de aceleración y un monitor con información relevante como la velocidad, aceleración, combustible y energía orbital. Debemos ser capaces de representar fielmente la simulación física, para ello calcularemos cada frame la trayectoria inmediata siguiente (50 frames) y la mostraremos en el radar. Finalmente, integraremos audio, un tutorial de bienvenida y la opción de elegir entre 3 naves."

Este enfoque convierte a la IA en un socio de programación extremadamente eficiente, un implementador que traduce una visión pedagógica bien definida en un artefacto digital funcional. De esta manera, el esfuerzo humano se concentra donde aporta más valor: en el diseño de la experiencia de aprendizaje.

5.1 Análisis Crítico de la Metodología de Vibe Coding

Si bien el "vibe coding" representa un avance significativo en la velocidad y accesibilidad del desarrollo de software, sería académicamente negligente presentarlo como una panacea sin analizar críticamente sus desafíos, limitaciones y el rol indispensable del supervisor humano. Esta sección aborda dichos aspectos para ofrecer una visión equilibrada de la metodología.

5.1.1 El Ciclo de Desarrollo: Del Prompt Maestro a la Implementación Granular

El proceso exitoso de "vibe coding" no consiste en un único acto, sino en un flujo de trabajo estructurado que comienza con una visión arquitectónica y desciende hacia el detalle:

- Fase 1: El Prompt Maestro Inicial (Arquitectura del Proyecto): El proceso arranca con la redacción de un prompt maestro, extenso y detallado, que funciona como un documento de diseño de software. Este prompt inicial, como el que se presentó en la sección anterior, define la arquitectura general del proyecto, los requerimientos, los frameworks y librerías a utilizar (ej. three.js), la estructura de la interfaz (HTML y CSS) y la lógica principal. La función del LLM en esta fase es generar el esqueleto completo y funcional del proyecto, estableciendo desde el inicio buenas prácticas de modularidad y estructura.
- Fase 2: Ciclo de Refinamiento Granular (Implementación Iterativa): Una vez que se tiene esta base sólida, el enfoque se vuelve más detallado. En lugar de solicitar a la IA que modifique o regenere grandes bloques de código —lo que a menudo conduce a "alucinaciones" o errores complejos—, el método más efectivo consiste en trabajar función por función. El diseñador alimenta al modelo con el código fuente existente como contexto y le solicita que genere o refine una pieza específica. Posteriormente, el humano integra y corrige manualmente este nuevo código. Este enfoque granular limita el alcance de los posibles errores, facilitando su depuración.

5.1.2 El Rol Indispensable del Diseñador-Arquitecto

Contrario a la idea de que la IA reemplaza la necesidad de conocimiento técnico, el "vibe coding" la magnifica. El éxito de esta metodología depende de un diseñador que actúe como un arquitecto de software, poseyendo habilidades críticas:

- Conocimiento Técnico Previo: Es indispensable tener un dominio del lenguaje de programación y de la arquitectura de software para poder guiar a la IA de manera efectiva, estructurar los prompts con precisión y, fundamentalmente, ser capaz de identificar y corregir los errores de lógica o sintaxis que el modelo pueda introducir.
- Acelerador de la Curva de Aprendizaje: Paradójicamente, aunque requiere conocimiento previo, esta metodología puede acelerar la curva de aprendizaje de un nuevo programador. Al delegar una parte de la tarea de codificación, el humano puede enfocarse más en la teoría, la lógica y los conceptos clave del diseño de software, utilizando el código generado como un andamiaje para su propio aprendizaje.

5.1.3 Riesgos y Consideraciones Éticas

Finalmente, es crucial reconocer los riesgos inherentes a esta metodología:

- **Calidad y Seguridad del Código:** El código generado por un LLM puede funcionar como una "caja negra", ocultando bugs sutiles o vulnerabilidades de seguridad que no son evidentes a primera vista. Una dependencia excesiva sin una revisión humana rigurosa puede llevar a la creación de software frágil o inseguro.
- **Sesgos y Reproducibilidad:** Los LLM pueden perpetuar sesgos presentes en sus datos de entrenamiento. Además, la naturaleza no determinista de algunos modelos significa que un mismo prompt no siempre generará exactamente el mismo resultado, lo que presenta un desafío para la reproducibilidad estricta.

En conclusión, el "vibe coding" es una herramienta poderosa que redefine el rol del desarrollador, potenciando su capacidad creativa y estratégica. Sin embargo, su uso efectivo y responsable exige una supervisión humana, un enfoque crítico y una conciencia clara de sus capacidades y limitaciones.

Capítulo 6: El Prototipo como Prueba de Concepto: La Academia de Pilotos Espaciales

Los capítulos anteriores han establecido el marco teórico y metodológico de esta investigación. Se ha argumentado que el juego es un mecanismo biológico fundamental para el aprendizaje (Capítulo 1), se ha propuesto la "fantasía intrínseca" como un modelo de diseño superior a la gamificación superficial (Capítulo 2), y se ha presentado el "vibe coding" como una metodología de colaboración humano-IA para la creación de software educativo (Capítulo 3). Este capítulo presenta el artefacto digital que resulta de la aplicación de dichos principios: el prototipo funcional de la Academia de Pilotos Espaciales.

La Academia de Pilotos Espaciales no es meramente una ilustración, sino una prueba de concepto. Es la manifestación tangible de que la sinergia entre una base pedagógica sólida y una metodología de desarrollo ágil puede producir experiencias de aprendizaje efectivas y genuinamente motivadoras. El diseño del prototipo, con su progresión de tres niveles, está intrínsecamente ligado a la enseñanza de conceptos clave de mecánica orbital. Cada desafío, desde sobrevivir a una colisión inminente hasta lograr una órbita estable, fue diseñado para que el jugador, al buscar el éxito dentro del juego, aplique y comprenda principios de física de manera intuitiva y necesaria.

El prototipo sirve, por tanto, como un caso de estudio central para esta tesis. Demuestra que es posible construir una herramienta que:

- Encarna la fantasía intrínseca: El jugador no siente que está haciendo "ejercicios de física con naves espaciales". Siente que está pilotando una nave, y la física es simplemente la regla que gobierna su universo.
- Valida el Vibe Coding: Su desarrollo fue posible gracias a una metodología que permitió al diseñador centrarse en la experiencia pedagógica, delegando la implementación del código a un asistente de IA bajo una dirección precisa.
- Genera Inmersión y "Flow": A través de metas claras, retroalimentación inmediata y una curva de dificultad calibrada, el juego busca absorber al jugador en la tarea, haciendo del aprendizaje una consecuencia natural de la inmersión.

En conclusión, la Academia de Pilotos Espaciales no debe ser evaluada como un producto comercial final, sino como lo que es en el contexto de esta investigación: la semilla de un ecosistema de aprendizaje mucho más grande y la evidencia funcional de que es posible construir los entornos educativos que se requieren hoy para formar a los profesionales del mañana.

6.1 El Modelo Físico de la Simulación

Para que la Academia de Pilotos Espaciales funcione como una herramienta pedagógica válida, su motor de simulación debe ser físicamente coherente, aunque simplificado. Este apartado detalla el modelo matemático subyacente, justifica las decisiones de diseño y demuestra cómo se representan los conceptos clave de la mecánica orbital, abordando así el rigor científico que sustenta la experiencia lúdica.

6.1.1 Justificación del Modelo: La Simplificación como Herramienta Pedagógica

La simulación del movimiento orbital se realiza en un plano bidimensional (2D), a pesar de que el entorno visual se presenta en tres dimensiones (3D). Esta decisión, aparentemente una contradicción, responde a una motivación tanto estética como pedagógica. Al fijar la cámara y restringir el movimiento a un plano, se simplifica drásticamente la representación visual de las trayectorias. Esto permite al estudiante concentrarse en la interacción fundamental entre los vectores de velocidad, aceleración y fuerza gravitacional, sin la complejidad añadida del movimiento en tres dimensiones. El objetivo no es replicar la realidad con absoluta fidelidad, sino hacer evidentes los principios que la gobiernan.

De manera similar, se han adoptado otras simplificaciones estándar para el problema de un cuerpo central:

- La Tierra se considera un punto de masa esféricamente simétrico y fijo en el origen.
- La masa de la nave es despreciable en comparación con la de la Tierra.

- Se ignora la resistencia atmosférica y la influencia gravitacional de otros cuerpos celestes.

Estas idealizaciones son válidas porque el propósito de la herramienta no es el cálculo formal, sino la experimentación intuitiva. Se busca que el alumno pueda "jugar" con conceptos que usualmente están mediados por complejas ecuaciones, permitiéndole construir un entendimiento conceptual y cualitativo antes de abordar el formalismo matemático.

6.1.2 El Motor de la Simulación: Implementación de la Mecánica Newtoniana

El núcleo de la simulación reside en la función **update(deltaTime)**, que se ejecuta en cada frame del juego. Esta función integra numéricamente las ecuaciones de movimiento aplicando la Segunda Ley de Newton y la Ley de Gravitación Universal.

El proceso en cada paso de tiempo (Δt) es el siguiente:

- Cálculo de la Fuerza Gravitacional: Se calcula la fuerza (como aceleración, $a = F/m$) que la Tierra ejerce sobre la nave, utilizando la fórmula de la gravitación universal.

```
function calculateGravity() {
  const distanceSq_km = shipPhysics.position.lengthSq();
  if (distanceSq_km === 0) return new THREE.Vector2(0, 0);
  const acceleration_m_s2 = (G * EARTH_MASS) / (distanceSq_km * 1e6);
  return shipPhysics.position.clone().normalize().multiplyScalar(-(acceleration_m_s2 / 1000));
}
```

Figura 6.1 Fragmento de Código: Cálculo de la Aceleración Gravitacional

- Aplicación del Empuje y Suma de Fuerzas: Se determina si el jugador está aplicando empuje y se suma vectorialmente a la fuerza de gravedad para obtener la aceleración neta.
- Integración Numérica (Método de Euler): Se utiliza el método de integración de Euler para actualizar la velocidad y la posición de la nave. Este método fue elegido por su simplicidad computacional, que garantiza un rendimiento fluido en tiempo real.

Figura 6.2 Fragmento de Código: Integración de Movimiento

6.1.3 La Aceleración del Tiempo: Un Dilema entre Jugabilidad y Fidelidad

Una característica clave del juego es el botón de "aceleración del tiempo" (time warp), que permite al jugador multiplicar el paso del tiempo de la simulación hasta por 100.

Esta función es esencial para la jugabilidad, ya que las órbitas reales son procesos largos. Sin embargo, introduce un interesante compromiso técnico y pedagógico.

Al aumentar el `deltaTime` de la simulación, se magnifica el error inherente al método numérico de Euler. Una simulación a `x100` es significativamente menos precisa que una a `x1`, y las trayectorias pueden desviarse de la solución analítica. Este sacrificio de fidelidad se hace conscientemente para priorizar una experiencia de usuario fluida y evitar la frustración.

Curiosamente, este artefacto del diseño se convierte en una lección implícita. El jugador aprende que para maniobras finas y precisas, debe volver a la velocidad `x1`. De manera no intencionada, la mecánica del juego le enseña al alumno una verdad fundamental sobre la simulación numérica: existe un compromiso ineludible entre velocidad de cálculo y precisión. Esta experiencia deja una semilla conceptual plantada para cuando el estudiante aborde formalmente el estudio de los métodos numéricos y sus limitaciones.

6.2 Diseño Técnico y Pedagógico del Prototipo

El diseño de la Academia de Pilotos Espaciales no es una decisión arbitraria, sino el resultado de un diálogo constante entre los objetivos pedagógicos y las decisiones técnicas. Esta sección detalla cómo la Teoría de la Carga Cognitiva informo el diseño de la interfaz y cómo la elección de la tecnología se alineo con el objetivo fundamental de la accesibilidad.

6.2.1 Justificación de la Interfaz: Gestión de la Carga Cognitiva

Para que un entorno de aprendizaje inmersivo sea efectivo, no basta con que sea motivador; debe ser cognitivamente eficiente. El diseño de la interfaz, en particular su Head-Up Display (HUD), se fundamenta en la Teoría de la Carga Cognitiva de John Sweller. Esta teoría postula que nuestra memoria de trabajo es limitada y que un diseño instruccional eficaz debe gestionar cuidadosamente la carga mental impuesta al estudiante.

El objetivo principal del diseño fue minimizar la carga extrínseca (el esfuerzo mental innecesario causado por una mala interfaz) para liberar recursos cognitivos, permitiendo al estudiante invertirlos en la carga relevante: la construcción de un entendimiento profundo de la física.

Esto se logro a través de varias decisiones clave:

- Visualización de la Trayectoria Futura: En lugar de forzar al jugador a calcular mentalmente las consecuencias de un impulso del motor, el radar proyecta la trayectoria futura en tiempo real. Esta visualización externa reduce

drásticamente la carga extrínseca asociada a la predicción, permitiendo que el estudiante se concentre exclusivamente en la relación causa-efecto entre el empuje (su acción) y la forma de la órbita (el resultado).

- Presentación Clara de la Información: La información crucial (velocidad, energía orbital, combustible) se presenta de forma clara y persistente. Esto elimina la necesidad de que el jugador la memorice o la busque en menús, una fuente significativa de carga extrínseca.
- Controles Intuitivos: El sistema de control "apuntar y hacer clic" es deliberadamente simple. Esto reduce la carga cognitiva asociada al aprendizaje de combinaciones complejas de teclado, permitiendo que el jugador se enfoque en el "qué hacer" (la estrategia física) en lugar del "cómo hacerlo" (la manipulación de la interfaz).

6.2.2 Justificación de la Pila Tecnológica (Tech Stack): Priorizando la Accesibilidad

La elección de la tecnología no fue un fin en sí mismo, sino un medio para alcanzar los objetivos pedagógicos del proyecto, principalmente la máxima accesibilidad. Se buscó eliminar cualquier barrera técnica que pudiera impedir que un estudiante o un docente utilizara la herramienta.

- Aplicación Web en el Navegador (SPA): Se optó por desarrollar una Single-Page Application que se ejecuta directamente en el navegador. Esta decisión elimina la necesidad de descargas, instalaciones o permisos especiales. Cualquier dispositivo con un navegador moderno puede acceder a la experiencia instantáneamente, lo cual es crucial en contextos educativos con recursos tecnológicos diversos. Para asegurar la máxima compatibilidad, el rendimiento de la interfaz se validó en hardware antiguo, utilizando un Samsung Galaxy S3 como estándar para garantizar su funcionamiento incluso en dispositivos de gama baja.
- Librería three.js: Para crear una experiencia 3D inmersiva que potenciara la "fantasía intrínseca", se eligió three.js. Es la librería estándar de la industria para gráficos 3D en la web, lo que garantiza un buen rendimiento, una amplia documentación y la capacidad de crear visuales atractivos sin requerir hardware especializado. Permite que la simulación sea visualmente rica (un factor clave para el compromiso) sin sacrificar la accesibilidad.

En conjunto, estas decisiones aseguran que el prototipo no solo sea pedagógicamente sólido, sino también técnicamente accesible, maximizando su potencial de impacto en un entorno educativo real.

Capítulo 7: Hacia un Ecosistema de Creación Pedagógica

Los capítulos anteriores han validado el prototipo de la Academia de Pilotos Espaciales como una prueba de concepto exitosa, demostrando que el modelo de "fantasía intrínseca" es eficaz para el aprendizaje y que la metodología de "vibe coding" es una herramienta ágil para el desarrollo. Sin embargo, el verdadero potencial de esta investigación no reside en la creación de un único juego, sino en establecer las bases para un modelo de creación pedagógica que sea replicable y accesible.

Este capítulo final expone una visión a futuro que se alinea directamente con los objetivos de la tesis. El objetivo no es proponer la construcción de una plataforma compleja, sino enmarcar la filosofía y las prácticas de este proyecto como un ejercicio que otros usuarios —estudiantes y, fundamentalmente, docentes— pueden seguir para generar sus propios milieus didácticos en diversas áreas del conocimiento.

7.1 De Prototipo a Modelo Replicable: La Filosofía de Diseño

El valor fundamental de la Academia de Pilotos Espaciales no es el artefacto en sí, sino el proceso de diseño que lo originó. Este proceso puede ser abstraído y replicado por cualquier educador que desee crear una experiencia de aprendizaje similar. La filosofía se basa en tres pasos fundamentales:

1. Identificar el Núcleo Conceptual Difícil: El primer paso es aislar un concepto que sea tradicionalmente abstracto y difícil de enseñar (ej. la mecánica orbital, los principios de la oferta y la demanda, la selección natural).
2. Diseñar la Fantasía Intrínseca: A continuación, se debe concebir una fantasía o un escenario lúdico que esté intrínsecamente ligado a dicho concepto. La pregunta clave es: "¿En qué situación del mundo real o imaginario este concepto abstracto se convierte en una herramienta necesaria para la supervivencia o el éxito?". Para la mecánica orbital, la respuesta es ser un piloto espacial. Para la oferta y la demanda, podría ser gestionar un puesto en un mercado intergaláctico.
3. Estructurar para el "Flow": Finalmente, la experiencia debe ser estructurada en una serie de desafíos con una curva de dificultad calibrada, metas claras y retroalimentación inmediata, siguiendo los principios de Csikszentmihalyi para inducir un estado de inmersión y aprendizaje profundo.

7.2 El "Vibe Coding" como Metodología Replicable para la Creación de medios didácticos (Milieus)

Una vez definida la visión pedagógica, el "vibe coding" emerge como la metodología práctica para llevarla a la realidad, democratizando el proceso de desarrollo. No se necesita un editor de misiones complejo; el "editor" es el propio modelo de lenguaje grande (LLM) y la "interfaz" es el lenguaje natural.

Cualquier educador, en colaboración con un desarrollador o con la disposición de aprender los fundamentos técnicos, puede replicar este flujo de trabajo:

- Actuar como Arquitecto: El educador debe primero conceptualizar la aplicación, desglosando su visión pedagógica en componentes lógicos y funcionales, tal como lo haría un arquitecto de software.
- Redactar el "Prompt Maestro": El siguiente paso es traducir esta arquitectura en un documento de diseño detallado en lenguaje natural. Este "prompt maestro" se convierte en la principal herramienta de comunicación con la IA, describiendo la estructura, la lógica y la fantasía de la simulación deseada.
- Implementación y Refinamiento Granular: Utilizando el código base generado por la IA, el creador puede refinar y añadir funcionalidades de manera iterativa, trabajando en pequeñas piezas de código para mantener el control y facilitar la depuración.

La visión de empoderar a los educadores para que se conviertan en autores de herramientas pedagógicas ya no pertenece al ámbito de la ciencia ficción. El "editor" ya no necesita ser un software complejo con una curva de aprendizaje elevada, sino el propio modelo de lenguaje. La emergencia de plataformas como Vevey.ai, que buscan convertir directamente las ideas creativas en prototipos jugables a través del lenguaje natural, es un claro indicador de que la creación de estos milieus didácticos se está volviendo cada vez más accesible. Un docente podría utilizar una herramienta de este tipo para ejecutar su "prompt maestro" y generar la base de una simulación para su clase, cumpliendo así con la filosofía de diseño y la misión de replicabilidad que se proponen en esta tesis.

7.3 Fomentando una Comunidad de Práctica

El paso final es transformar esta metodología en un ecosistema vivo. En lugar de un repositorio de misiones para una plataforma inexistente, se propone la creación de una comunidad de práctica donde los educadores y estudiantes puedan:

- Publicar y Compartir sus "Prompts Maestros": Utilizando plataformas colaborativas como GitHub o blogs educativos, los creadores pueden compartir

no solo el producto final, sino el documento de diseño en lenguaje natural que lo originó.

- Evaluar y Comentar Diseños Pedagógicos: La comunidad puede ofrecer retroalimentación sobre la calidad de las fantasías intrínsecas, la estructura de los desafíos y la efectividad de los prompts.
- Remezclar y Adaptar: Otros educadores pueden tomar un "prompt maestro" existente y "bifurcarlo", adaptándolo a sus propias necesidades curriculares. Un prompt para enseñar física orbital podría ser adaptado para enseñar biología de ecosistemas, cambiando la simulación base pero manteniendo la misma estructura pedagógica.

Este modelo transforma a los usuarios de consumidores pasivos de contenido a productores activos de conocimiento, completando el ciclo del aprendizaje constructivista que esta tesis defiende. Al compartir y refinar colectivamente las metodologías de diseño, no solo se ofrece una solución a un problema específico, sino que se propone un camino escalable y sostenible para reimaginar cómo se crean y comparten las experiencias de aprendizaje en la era digital.

Capítulo 8: Resultados

El presente capítulo tiene como objetivo exponer de manera clara y objetiva los hallazgos obtenidos durante la fase experimental de esta investigación. Acorde con la metodología de métodos mixtos descrita en el Capítulo 7, se presentarán los datos recopilados para evaluar tanto la ganancia de aprendizaje conceptual como la calidad de la experiencia del usuario al interactuar con el prototipo "Academia de Pilotos Espaciales". Para ello, se expondrán primero los resultados cuantitativos, derivados del pre-test y post-test de conocimiento y de la escala de *compromiso*. Posteriormente, se presentarán los resultados cualitativos, obtenidos a través de las notas de campo registradas durante la observación de los participantes y el análisis de la discusión grupal. La finalidad de este capítulo es "poner las cartas sobre la mesa", presentando los datos sin interpretación, la cual se reserva para el capítulo de discusión.

8.1 Resultados Cuantitativos

A continuación, se detallan los datos numéricos que permiten evaluar el impacto del prototipo desde dos dimensiones: el aprendizaje conceptual y la experiencia subjetiva del participante.

8.1.1 Análisis del Aprendizaje Conceptual (Pre-test vs. Post-test)

Para medir la ganancia de conocimiento en conceptos de mecánica orbital, se aplicó un cuestionario validado antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención con el simulador.

Estadística Descriptiva

La siguiente tabla resume el rendimiento del grupo de 18 participantes que completaron ambas pruebas. Se observa un incremento en el promedio de aciertos entre el pre-test y el post-test.

TABLA DE ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS (N=18)

Métrica	Pre-Test	Post-Test
Número de Participantes	18.0	18.0
Media de Aciertos	4.06	4.67
Desviación Estándar	1.35	1.68

Tabla 8.1 Tabla de Estadísticas Descriptivas (N=18).

Como se puede apreciar, el promedio de aciertos en el post-test ($M = 4.67$, $SD = 1.68$) fue superior al del pre-test ($M = 4.06$, $SD = 1.35$). La desviación estándar también aumentó, lo que indica una mayor dispersión en los resultados del post-test.

Estadística Inferencial

Para determinar si la diferencia observada en las medias era estadísticamente significativa, se realizó una prueba T para muestras pareadas. El análisis arrojó un valor p superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$).

Se realizó una prueba T para muestras pareadas para determinar si existía una diferencia significativa en el aprendizaje conceptual. Los resultados indican que la diferencia no fue estadísticamente significativa, $t(17) = -1.193$, $p = 0.249$.

8.1.2 Análisis de la Experiencia del Usuario (compromiso)

Para cuantificar la calidad de la experiencia inmersiva y el nivel de compromiso (*compromiso*) de los participantes, se aplicó la escala ASPECT (Assessing Student Perceptions of compromiso in educational Computer-based aTivities) al finalizar la sesión.

1. El juego fue desafiante, pero no hasta el punto de ser frustrante.

18 respuestas

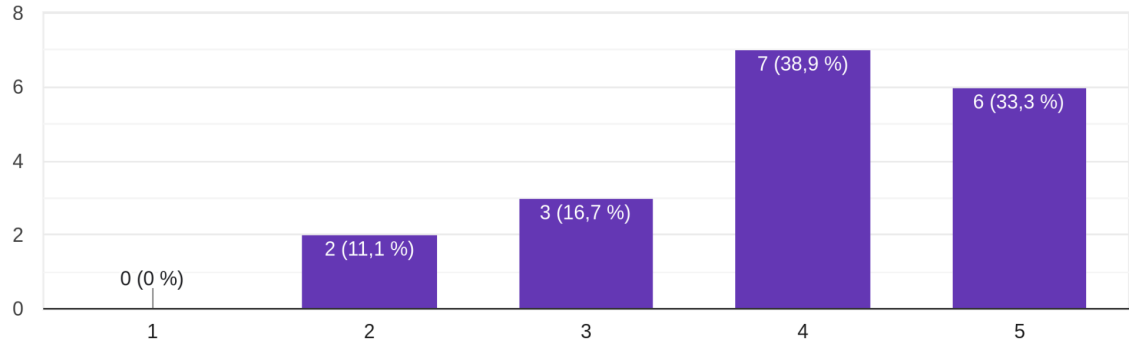


Figura 8.1 Gráfica de respuestas a la pregunta 1 de la escala de compromiso

2. La experiencia fue interesante y me mantuvo concentrado/a.

18 respuestas

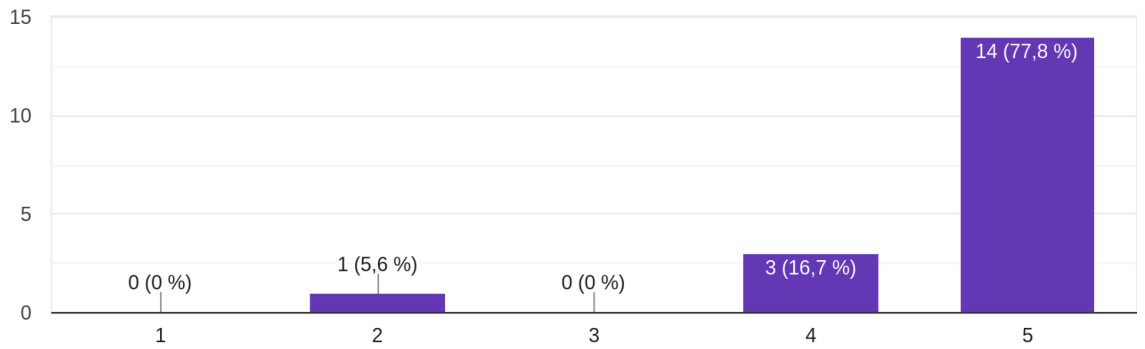


Figura 8.2 Gráfica de respuestas a la pregunta 2 de la escala de compromiso

3. Sentí que tenía el control de la nave y de mis acciones.

18 respuestas

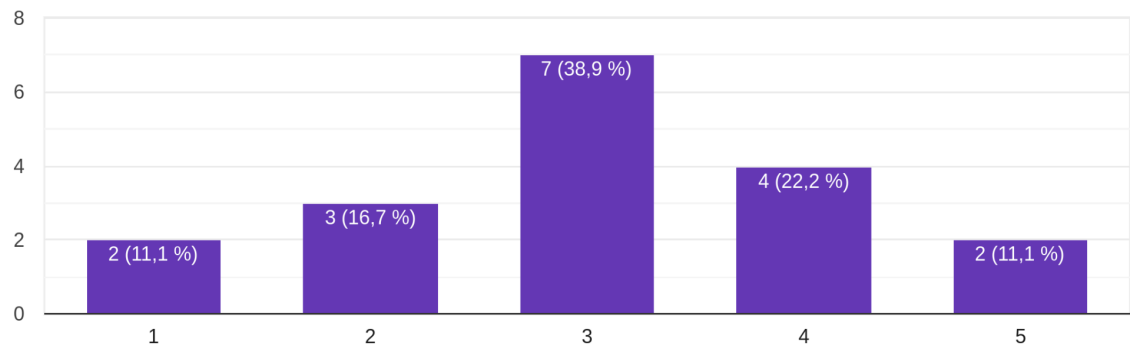


Figura 8.3 Gráfica de respuestas a la pregunta 3 de la escala de compromiso

4. La información en pantalla (radar, datos de vuelo) me ayudó a entender lo que estaba pasando.

18 respuestas

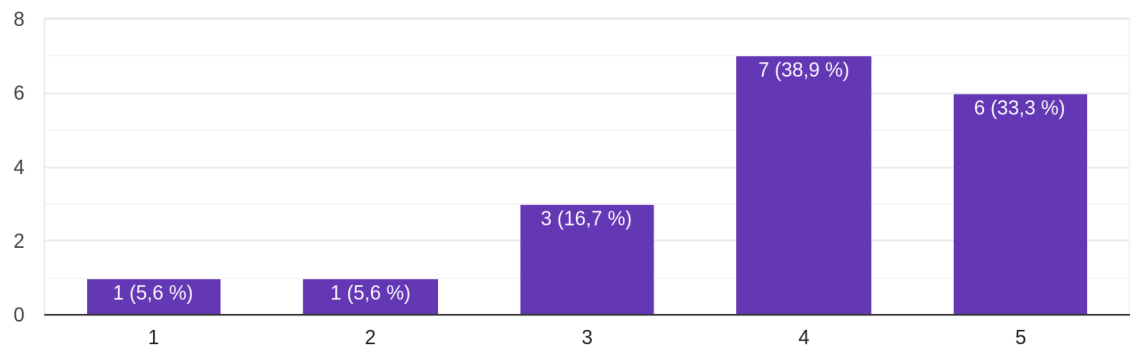


Figura 8.4 Gráfica de respuestas a la pregunta 4 de la escala de compromiso

5. Siento que aprendí algo nuevo o entendí mejor cómo funcionan las órbitas después de jugar.

18 respuestas

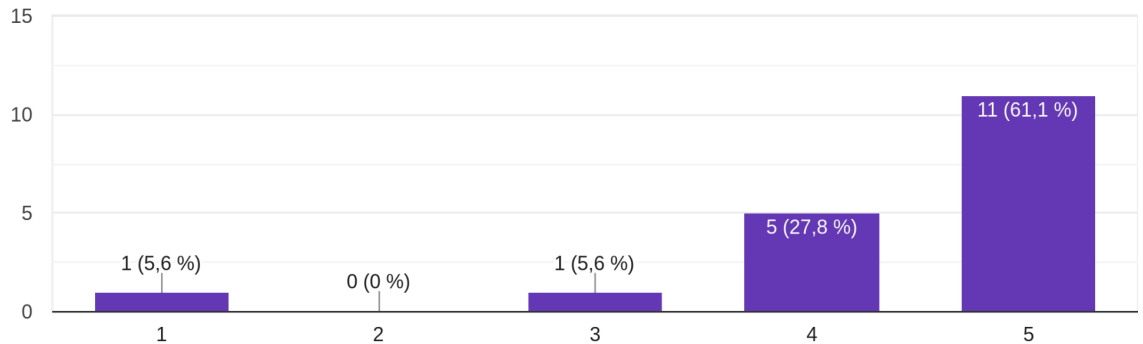


Figura 8.5 Gráfica de respuestas a la pregunta 5 de la escala de compromiso

6. La fantasía de ser un piloto espacial hizo que el tema de la física fuera más atractivo.

18 respuestas

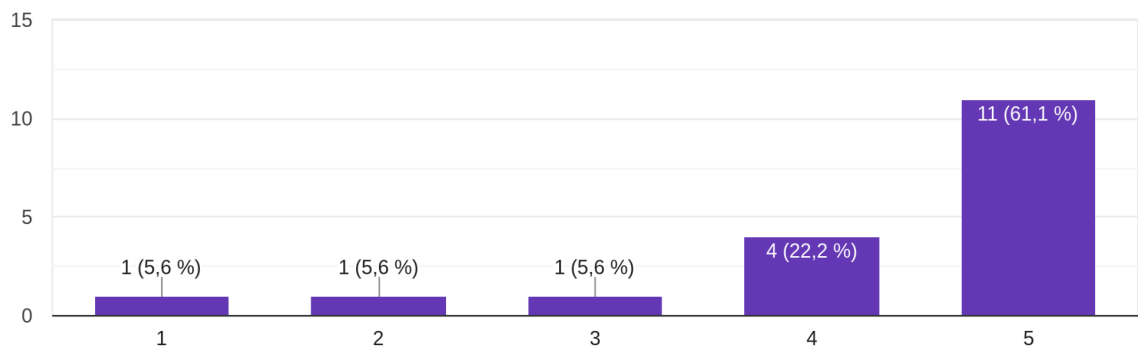


Figura 8.6 Gráfica de respuestas a la pregunta 6 de la escala de compromiso

En la escala de *compromiso*, la dimensión de 'Interés' obtuvo la puntuación más alta, seguida por 'Reto Percibido'. Estos datos sugieren que los participantes encontraron una experiencia particularmente interesante y desafiante.

8.2 Resultados Cualitativos

Las observaciones directas durante la interacción con el simulador y la posterior discusión grupal revelaron patrones de comportamiento y pensamiento que enriquecen la comprensión de los datos cuantitativos. A continuación, se presentan los hallazgos

organizados en temas emergentes, ilustrados con verbalizaciones y notas de campo anónimas.

8.2.1 Momentos 'Eureka' y Descubrimiento Intuitivo

Un patrón recurrente fue la manifestación de comprensiones súbitas, donde los participantes lograron un entendimiento intuitivo de una mecánica contraintuitiva. Estos "momentos eureka" a menudo eran verbalizados.

- Un participante (P2011893), tras varios intentos fallidos en el nivel 2 por volar directamente hacia el objetivo, exclamó: "**¡Ah! ¿Sólo lo dejo que siga?**". Este comentario indica el descubrimiento de que la trayectoria orbital no requiere un empuje constante en la dirección del objetivo, sino dejar que la gravedad actúe.
- Otro estudiante (P5013717) fue observado asintiendo con la cabeza repetidamente una vez que logró controlar la trayectoria en el nivel 3, un gesto no verbal que sugiere la consolidación de una nueva comprensión.

8.2.2 Estrategias de Resolución de Problemas

Se observó una diversidad de enfoques para resolver los desafíos planteados por el juego.

- **Exploración Libre:** La mayoría de los participantes (P5013717, P2011893, P6451055, P229883, P8689521, P6385367) utilizaron el primer nivel como una fase de exploración libre, probando los límites de la simulación y familiarizándose con los controles sin la presión de un objetivo complejo.
- **Ensayo y Error Deliberado:** En los niveles más difíciles, especialmente el 3, los jugadores perseveraron a través de múltiples intentos. El participante P229883, por ejemplo, colisionó repetidamente contra la Tierra, se quedó sin combustible y se perdió en el espacio, pero en cada intento modificaba su estrategia, demostrando un proceso de aprendizaje iterativo.
- **Uso Estratégico de Herramientas:** Varios jugadores (P5013717, P979770, P229883, P2309377) descubrieron que la combinación de la aceleración del tiempo (*time warp*) con pequeños impulsos del motor era una estrategia altamente efectiva para controlar la órbita, como lo verbalizó P5013717 al notar que con esa combinación "es fácil tener el control".

8.2.3 La Fantasía Intrínseca en Acción

Las notas de campo sugieren que los participantes se sumergieron en el rol de pilotos espaciales, mostrando reacciones emocionales congruentes con la fantasía propuesta.

- El participante P6451055 fue observado riendo al perder y expresando frustración verbalmente, para luego reír de nuevo justo antes de que apareciera

el mensaje de "Game Over". Estas reacciones emocionales denotan un alto grado de inmersión y compromiso con la tarea.

- Durante la discusión grupal, un estudiante comentó: "**Sentí que de verdad si me equivocaba, mi nave se iba a perder para siempre**". Esta cita ilustra cómo la fantasía intrínseca transformó un ejercicio de física en una misión con consecuencias percibidas como reales.

8.2.4 Conexión entre la Experiencia y el Concepto Formal

La fase de institucionalización (discusión grupal) fue crucial para conectar la experiencia lúdica con el conocimiento formal.

- Un participante, al reflexionar sobre el Nivel 2, explicó: "**Al principio intentaba ir derecho, pero luego me di cuenta de que tenía que darle la vuelta para que la gravedad me jalara y me pusiera en el camino correcto**". Esta verbalización muestra cómo el jugador articuló un principio de asistencia gravitacional a partir de su experiencia directa, sin haber recibido instrucción formal previa sobre el tema.
- Otro estudiante (P979770) preguntó activamente por la dirección de la órbita ("¿arriba o abajo?"), demostrando que el juego generó preguntas específicas sobre los conceptos físicos que subyacen a la simulación.

8.3 Síntesis del Capítulo

En resumen, los datos cuantitativos no mostraron una ganancia de aprendizaje estadísticamente significativa en el post-test, pero sí revelaron un alto nivel de *compromiso* por parte de los participantes, especialmente en las dimensiones de interés y reto. Por otro lado, los datos cualitativos sugieren que los estudiantes desarrollaron una comprensión intuitiva de los conceptos a través de la experimentación, manifestaron momentos de descubrimiento y se sumergieron en la fantasía propuesta por el juego, conectando su experiencia lúdica con los principios formales de la física durante la discusión guiada.

Capítulo 9: Discusión de Resultados

El capítulo anterior presentó los hallazgos del estudio de manera objetiva. Ahora, es el momento de interpretarlos, de buscar su significado y de conectarlos tanto con la hipótesis de investigación como con el marco teórico que sustenta este trabajo. Este capítulo se adentra en el análisis de por qué ocurrieron los resultados, discutiendo la aparente contradicción entre los datos cuantitativos de aprendizaje y los sólidos indicadores de *compromiso* y comprensión cualitativa.

9.1 Recapitulación de los Hallazgos

El análisis de los resultados revela un panorama dual y matizado. Por un lado, los datos cuantitativos indican que, si bien hubo un incremento en el promedio de aciertos del pre-test al post-test, esta mejora no alcanzó el umbral de significancia estadística. Por otro lado, los resultados de la escala de *compromiso* fueron notablemente altos, señalando que los participantes encontraron la experiencia sumamente interesante y desafiante.

A su vez, los datos cualitativos ofrecen una narrativa rica que complementa y, en cierta medida, ayuda a interpretar esta aparente contradicción. Las observaciones de campo y las discusiones grupales revelaron la presencia de "momentos eureka", el desarrollo de estrategias de resolución de problemas por ensayo y error, y una profunda inmersión en la "fantasía intrínseca" del juego. Los participantes no solo interactuaron con el simulador, sino que verbalizaron la construcción de nuevos modelos mentales para superar los desafíos, conectando su experiencia directa con los conceptos físicos durante la fase de institucionalización.

9.2 Interpretación de los Hallazgos a la Luz de la Hipótesis

La hipótesis central de esta investigación sugería que un prototipo con "fantasía intrínseca", desarrollado con "vibe coding", facilitaría un aprendizaje más profundo que los modelos de enseñanza tradicionales. A primera vista, el resultado no significativo de la prueba T parece no respaldar esta hipótesis. Sin embargo, una interpretación que se limite a este dato aislado podría ser incompleta y obviar la evidencia aportada por el resto de los datos.

9.2.1 El Hallazgo Contraintuitivo: ¿Por qué no hubo una ganancia estadística?

La ausencia de una diferencia estadísticamente significativa en la ganancia de conocimiento conceptual obliga a una reflexión crítica sobre las posibles causas, las cuales pueden residir tanto en las limitaciones del diseño experimental como en la naturaleza misma del aprendizaje que se buscaba medir.

En primer lugar, es crucial considerar las limitaciones metodológicas. La intervención tuvo una duración de apenas 45 minutos y se realizó con una muestra reducida (N=18). Es plausible que este "tratamiento" fuera demasiado breve y la muestra demasiado pequeña para que un efecto de aprendizaje, aunque real, se manifestara con la suficiente fuerza para ser detectado estadísticamente.

Adicionalmente, se debe reflexionar sobre el diseño mismo del prototipo como limitación. Los tres niveles propuestos, aunque diseñados para una progresión lógica,

probablemente no proporcionaron un espacio de experimentación suficiente para que todos los participantes consolidaran su aprendizaje empírico. Se presenta la hipótesis de que una experiencia más completa y extendida, con más escenarios y desafíos, generaría mayores oportunidades para que el conocimiento intuitivo construido durante el juego se traduzca en resultados favorables en los cuestionarios formales.

Finalmente, y quizás el punto más importante, es posible que el instrumento de medición —un cuestionario de opción múltiple— no fuera lo suficientemente sensible para capturar la naturaleza del conocimiento empírico y la intuición física que el prototipo buscaba fomentar. Precisamente para abordar esta limitación, se ha iniciado una colaboración preliminar con la tesista Yadira Escobar Perez, cuyo trabajo se centra en el análisis de la telemetría de actividades educativas. Una futura línea de investigación podría consistir en aplicar su sistema de análisis a los datos de telemetría generados por los participantes de este estudio, para buscar patrones de comportamiento que puedan correlacionarse con el aprendizaje de una manera más directa y matizada que un examen tradicional.

9.2.2 El Rol del compromiso y los Datos Cualitativos: La Evidencia del Aprendizaje Profundo

Es aquí donde los datos de *compromiso* y los hallazgos cualitativos se vuelven fundamentales. Se argumenta que, a pesar de la falta de significancia estadística, la evidencia en su conjunto sí apoya la premisa central de la tesis: que la "fantasía intrínseca" es un motor para la motivación y la construcción activa del conocimiento.

Los altos niveles de interés y reto percibido son un hallazgo relevante. Sugieren que el modelo de "fantasía intrínseca" tuvo éxito en uno de sus objetivos principales: generar un estado de inmersión y motivación, condiciones que Csikszentmihalyi identifica como óptimas para el aprendizaje.

Las observaciones cualitativas sugieren que este *compromiso* no fue pasivo. Los "momentos eureka", como la exclamación "**¡Ahh! ¿sólo lo dejo que siga?**", pueden interpretarse no como meras anécdotas, sino como evidencia observable de un proceso de acomodación piagetiano. El estudiante, enfrentado a un desequilibrio cognitivo, parece abandonar un esquema mental erróneo ("debo volar directo") para construir uno nuevo y más preciso ("debo usar la gravedad"). De igual manera, las verbalizaciones en la discusión grupal, como "**tenía que darle la vuelta para que la gravedad me jalara**", sugieren que los jugadores no solo "jugaron", sino que construyeron modelos mentales funcionales sobre los fenómenos físicos. Este puede ser el inicio de un aprendizaje profundo.

En conclusión, es razonable sugerir que la intervención pudo haber catalizado un proceso de aprendizaje. Aunque este no se reflejó de manera concluyente en el test de conocimiento a corto plazo, la combinación de un alto *compromiso* y la evidencia

cualitativa de construcción de conocimiento apunta a que la "Academia de Pilotos Espaciales" puede funcionar como un facilitador para la motivación y la construcción activa del conocimiento, en línea con lo que la hipótesis proponía.

9.3 Diálogo con el Marco Teórico

Los resultados de este estudio, en su conjunto, entablan un diálogo directo con los pilares teóricos presentados en capítulos anteriores. Lejos de ser un caso aislado, la experiencia de los participantes en la "Academia de Pilotos Espaciales" parece validar varios de los constructos psico-pedagógicos que fundamentan la investigación.

- **Csikszentmihalyi y el Estado de "Flow"**: Los altos puntajes en las dimensiones de 'Interés' y 'Reto Percibido' de la escala de *compromiso*, junto con las observaciones cualitativas de inmersión (p. ej., risas, frustración y la sensación de que "la nave se iba a perder para siempre"), son indicadores consistentes con las condiciones necesarias para el estado de "flow". El prototipo parece haber logrado establecer metas claras (los objetivos de cada nivel), proporcionar retroalimentación inmediata (la trayectoria visible en tiempo real) y, crucialmente, mantener un equilibrio entre el desafío y la habilidad del jugador, absorbiéndolo en la tarea.
- **Brousseau y la Teoría de Situaciones Didácticas**: El diseño del experimento se alinea de manera clara con el modelo de Brousseau. El juego funcionó como un verdadero *milieu*: un entorno a-didáctico donde el estudiante interactuó con un problema (sobrevivir, navegar) que no percibió como una tarea escolar. La fase de discusión grupal posterior fue la manifestación de la "institucionalización". Fue en ese espacio donde el conocimiento intuitivo y práctico ("darle la vuelta para que la gravedad me jale") se conectó con un lenguaje más formal, permitiendo que el aprendizaje construido en la acción se consolidara conceptualmente.
- **Piaget, Bruner y el Constructivismo**: Las estrategias de ensayo y error observadas, como las del participante P229883, son una clara evidencia de un proceso constructivista. Cada intento fallido no fue un simple error, sino un experimento que generó datos, provocando un desequilibrio y forzando la "asimilación y acomodación" de nuevos esquemas mentales, tal como lo describe Piaget. A su vez, la progresión de los tres niveles del juego funcionó como un "andamiaje" bruneriano: se comenzó con una tarea simple para dominar los controles, se introdujo una complejidad contraintuitiva en el segundo nivel y se demandó la combinación de habilidades en el tercero, retirando el apoyo gradualmente para fomentar la autonomía.

9.4 Implicaciones del Estudio

Más allá de la validación teórica, los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones prácticas tanto para la pedagogía en el aula como para el diseño de futuras herramientas educativas.

- **Implicaciones Pedagógicas:** Para un profesor de física o de cualquier disciplina STEM, este estudio sugiere que herramientas basadas en la simulación y la "fantasía intrínseca" son un recurso valioso, pero no como un reemplazo de la enseñanza, sino como un catalizador. Son excelentes para motivar, introducir conceptos de forma intuitiva y generar las preguntas correctas en la mente del estudiante. Sin embargo, su máximo potencial se alcanza cuando se integran en una secuencia didáctica que incluye una fase posterior de formalización y discusión guiada, donde la experiencia se conecta explícitamente con el conocimiento formal.
- **Implicaciones para el Diseño de Software Educativo:** El prototipo ofrece una lección clara sobre la importancia de la "fantasía intrínseca" frente a la gamificación superficial. El *compromiso* observado no provino de puntos o medallas, sino de la coherencia entre la fantasía (ser un piloto) y la habilidad requerida (entender la física). Esto implica que el diseño de software educativo efectivo debe ir más allá de decorar ejercicios tradicionales con elementos de juego, y en su lugar, debe esforzarse por construir mundos donde el contenido a aprender sea la mecánica central e indispensable para tener éxito dentro de esa fantasía.

Capítulo 10: Conclusiones, Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación

Este capítulo final sintetiza los hallazgos de la investigación, responde a la pregunta central del estudio, reconoce sus limitaciones inherentes y propone caminos para futuras exploraciones. El objetivo es ofrecer un cierre conciso que resuma las contribuciones del trabajo y su potencial impacto en el campo de la tecnología educativa.

10.1 Conclusión General

En conclusión, este estudio buscaba responder si el diseño de un juego con "fantasía intrínseca", asistido por IA, podría servir como un modelo efectivo para el aprendizaje de conceptos complejos. La respuesta que emerge de los datos es matizada pero esperanzadora. Si bien no se pudo demostrar una ganancia conceptual estadísticamente significativa en el corto plazo, la evidencia en su conjunto sugiere que el prototipo "Academia de Pilotos Espaciales" sí funciona como un modelo altamente efectivo para generar *compromiso (engagement)* y facilitar una interacción profunda con conceptos complejos de física. Los altos niveles de interés y reto, combinados con la rica evidencia

cualitativa de construcción de conocimiento, apuntan a que el prototipo es un poderoso catalizador para el aprendizaje constructivista y el autodescubrimiento del estudiante.

10.2 Contribuciones del Estudio

Las principales aportaciones de esta investigación al campo de la tecnología educativa se pueden resumir en tres áreas clave:

- **La validación del modelo de "fantasía intrínseca":** El estudio proporciona evidencia empírica de que un diseño centrado en una fantasía intrínsecamente ligada al contenido es una herramienta muy eficaz para generar *compromiso*, superando los enfoques de gamificación superficial.
- **La documentación y análisis de la metodología "vibe coding":** La tesis presenta un caso de estudio detallado sobre el "vibe coding" como un paradigma de desarrollo ágil para la tecnología educativa, demostrando su potencial para acelerar la creación de prototipos y permitir que los diseñadores pedagógicos se centren en la calidad de la experiencia de aprendizaje.
- **La creación de un prototipo funcional como prueba de concepto:** La "Academia de Pilotos Espaciales" sirve como un artefacto tangible y una prueba de concepto que demuestra que la sinergia entre una base pedagógica constructivista y una metodología de desarrollo moderna puede producir herramientas de aprendizaje efectivas y motivadoras.

10.3 Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación

Es fundamental reconocer las limitaciones de este estudio, ya que cada una de ellas abre una valiosa línea de investigación a futuro.

- **Sesgo de Muestreo y Generalización:** El uso de una muestra por conveniencia de estudiantes universitarios, probablemente con una predisposición hacia la tecnología, limita la generalización de los resultados. **Futura investigación:** Sería fundamental replicar el estudio con poblaciones más diversas (ej. estudiantes de bachillerato, de áreas no científicas) y mediante muestreo aleatorio para evaluar la efectividad del modelo en contextos más amplios.
- **Efecto Novedad y Medición a Corto Plazo:** La intervención fue breve, por lo que el alto *compromiso* podría estar influenciado por el efecto novedad de la herramienta, y el aprendizaje medido no garantiza una retención a largo plazo. **Futura investigación:** La ruta más clara es realizar un **estudio longitudinal**, integrando la herramienta en un curso semestral. Esto permitiría no solo mitigar el efecto novedad, sino también medir la retención del aprendizaje a mediano y largo plazo a través de post-tests diferidos, proporcionando una visión más robusta del impacto educativo real.

- **Ampliación del Modelo:** El estudio se centró exclusivamente en la mecánica orbital. **Futura investigación:** Un paso lógico sería explorar la aplicación del modelo de "fantasía intrínseca" y la metodología de "vibe coding" para enseñar **otros dominios del conocimiento** que se benefician de la simulación y la experimentación, como la economía, la biología de ecosistemas o la química de reacciones.

Referencias

1. [Brousseau 1997] G. Brousseau, *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970–1990*, Kluwer Academic Publishers, 1997.
2. [Bruner 1966] J. S. Bruner, *Toward a theory of instruction*, Harvard University Press, 1966.
3. [Csikszentmihalyi 1990] M. Csikszentmihalyi, *Flow: The psychology of optimal experience*, Harper & Row, 1990.
4. [Dewey 1916] J. Dewey, *Democracy and education: An introduction to the philosophy of education*, The Macmillan Company, 1916.
5. [Discovery Education 2025] Discovery Education, *DreamBox Learning*. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2025. <https://www.dreambox.com>
6. [Freire 2000] P. Freire, *Pedagogy of the oppressed* (30th anniversary ed.), Continuum, 2000.
7. [Gee 2003] J. P. Gee, *What video games have to teach us about learning and literacy*, Palgrave Macmillan, 2003.
8. [Goleman 1995] D. Goleman, *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ*, Bantam Books, 1995.
9. [Groos 1898] K. Groos, *The play of animals* (E. L. Baldwin, Trans.), D. Appleton and Company, 1898.
10. [Hueramo 2022] F. Hueramo Hueramo, *Análisis sobre la deserción de estudiantes de la LCFM de la UMSNH*, Repositorio Institucional de la UMSNH, 2022.
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/12212
11. [Jenkins 2006] H. Jenkins, *Convergence culture: Where old and new media collide*, New York University Press, 2006.
12. [Kahoot! 2025] Kahoot!, *DragonBox*. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2025. <https://dragonbox.com>
13. [Karpathy 2025] A. Karpathy, "There's a new kind of coding I call 'vibe coding'..." [Post], X, Febrero 2025. <https://x.com/karpathy/status/1886192184808149383>
14. [Malone 1981] T. W. Malone, "Toward a theory of intrinsically motivating instruction", *Cognitive Science*, vol. 5, no. 4, pgs. 333–369, 1981. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0504_2
15. [Papert 1993] S. Papert, *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*, Basic Books, 1993.
16. [Pérez 2012] E. P. Pérez Contreras, *La resolución de problemas en las matemáticas escolares*, Repositorio Institucional de la UMSNH, 2012. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/11914
17. [PhET 2025] PhET Interactive Simulations, *PhET Interactive Simulations*, University of Colorado Boulder. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2025. <https://phet.colorado.edu>

18. [Piaget 1962] J. Piaget, *Play, dreams and imitation in childhood* (C. Gattegno & F. M. Hodgson, Trans.), W. W. Norton & Company, 1962. (Original work published 1951)
19. [Polya 1945] G. Polya, *How to solve it*, Princeton University Press, 1945.
20. [Resnick 2017] M. Resnick, *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*, MIT Press, 2017.
21. [Robinson 2011] K. Robinson, *Out of our minds: The power of being creative* (2nd ed.), Capstone Publishing, 2011.
22. [Schoenfeld 1985] A. H. Schoenfeld, *Mathematical problem solving*, Academic Press, 1985.
23. [Squad 2015] Squad, *Kerbal Space Program* [Videojuego], Private Division, 2015.
24. [Sweller 1988] J. Sweller, "Cognitive load during problem solving: Effects on learning", *Cognitive Science*, vol. 12, no. 2, pgs. 257–285, 1988. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
25. [Vevey 2025] Vevey, *Vevey AI*. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2025. <https://vevey.ai>
26. [Vygotsky 1978] L. S. Vygotsky, *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Harvard University Press, 1978.
27. [Zavala 2020] B. I. Zavala García, *Curso virtual de apoyo para el programa de tutorías a alumnos de nuevo ingreso al programa de LCFM*, Repositorio Institucional de la UMSNH, 2020. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/12160