

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
SANTIAGO - CHILE



**“DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ
ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL
DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS
NOVATOS”**

JUAN FRANCISCO BAQUEDANO BELMAR

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA**

Profesor Guía: Liubov Dombrovskaja
Profesor Correferente: Claudio Jara Carrasco

Marzo - 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Nombre del candidato(a): Juan Francisco Baquedano Belmar

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Informática

Campus: San Joaquín **Departamento:** Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Liubov Dombrovskaia, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.


El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años


Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: _____ 19/03/2026 _____ Firma: _____ 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: _____ 19/03/2026 _____ Firma: _____ 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

DEDICATORIA

Para mi Abuelo que no alcanzó a verme como Ingeniero

Para mi Abuela que si lo hará.

Para mi madre y hermano que amo.

Para Catalina, por escuchar cada idea y cada duda, incluso cuando ni yo las tenía claras.

Para Figura, Mati, Vicholp y Pantrucas.

Para Marcela, Sebastián y Cote.

Y para cada uno de mis amigos que quiero infinitamente.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Resumen— La presente investigación propone y evalúa JUANES, un sistema de interfaz adaptativa diseñado para mediar perceptualmente el aprendizaje del gamepad sin alterar la dificultad estructural del juego. El sistema se organiza en siete pilares de intervención (Orientation, Trajectory, Landing, Movement, Obstacles, Multitasking y Jitter), cada uno asociado a métricas objetivas registradas en tiempo real y a mecanismos de asistencia visual y auditiva activados mediante umbrales de desempeño.

Se implementó un microjuego FPS en Unity, y se realizaron dos iteraciones experimentales: una versión base sin asistencia adaptativa y una versión con el sistema activado. Participaron jugadores clasificados como novatos, regulares y expertos, registrándose métricas de desempeño y variables subjetivas de competencia y frustración.

Los resultados muestran que, en jugadores novatos, la versión adaptativa se asocia con mejoras consistentes en ciertas métricas, junto con un aumento en la competencia percibida y una reducción en la frustración. Estos hallazgos sugieren que una mediación adaptativa basada en métricas de control puede facilitar el dominio inicial del gamepad sin trivializar el desafío, contribuyendo al diseño de experiencias inclusivas en videojuegos.

Palabras clave — Interfaz adaptativa; Experiencia de usuario; Videojuegos FPS; Gamepad; Aprendizaje motor;

Abstract— This research proposes and evaluates JUANES, an adaptive interface system designed to perceptually mediate gamepad learning without altering the structural difficulty of the game. The system is organized into seven intervention pillars (Orientation, Trajectory, Landing, Movement, Obstacles, Multitasking, and Jitter), each associated with objective real-time performance metrics and visual and auditory assistance mechanisms activated through performance thresholds.

An FPS microgame was implemented in Unity, and two experimental iterations were conducted: a baseline version without adaptive assistance and a version with the system enabled. Participants were classified as novices, regular players, and experts, and both performance metrics and subjective measures of perceived competence and frustration were recorded.

Results show that, in novice players, the adaptive version is associated with consistent improvements in certain control-related metrics, along with increased perceived competence and reduced frustration. These findings suggest that metric-based adaptive mediation can facilitate early gamepad mastery without trivializing challenge, contributing to the design of inclusive gaming experiences.

Keywords— Adaptive interface; User experience; FPS games; Gamepad; Motor learning.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA
EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Contenidos

Resumen	3
Abstract	3
Indice de tablas	6
Indice de figuras	7
Indice de imágenes	8
Capítulo 1. Introducción y definición del problema	9
1.1 Introducción	9
1.2 Problemática del aprendizaje del gamepad en jugadores novatos	12
1.3 Objetivos	14
Capítulo 2 - Marco Teórico.....	16
2.1 Experiencia de Usuario (jugador) y percepción de competencia	16
2.2 Curva de aprendizaje y dificultad motora en videojuegos.....	17
2.3 Aprendizaje motor y automatización en tareas interactivas	18
2.4 Sistemas adaptativos en videojuegos	20
Capítulo 3 – Diseño y Arquitectura del Sistema JUANES	26
3.1 Entorno base: FPS Sample en Unity	26
3.2 Diseño del entorno experimental	26
3.3 Arquitectura general del sistema adaptativo	29
3.4 Modelo de evaluación del dominio del gamepad.....	31
3.5 Sistema de detección en tiempo real.....	32
3.6 Modelo de activación adaptativa	33
Capítulo 4 – Diseño e Implementación de las Asistencias.....	35
4.1 Pilar 0 – Orientation	36
4.2 Pilar 1 – Trajectory.....	37
4.3 Pilar 2 – Landing	39
4.4 Pilar 3 – Movement	40
4.5 Pilar 4 – Obstacles	42
4.6 Pilar 5 – Jitter	43
4.7 Pilar 6 – Multitasking.....	45
Capítulo 5 – Procesamiento de datos y lógica adaptativa del sistema	48

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA
EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

5.1 Captura de datos y procesamiento en tiempo real.....	48
5.2 Lógica general de activación adaptativa	49
Capítulo 6 – Diseño Experimental.....	50
6.1 Tipo de estudio.....	50
6.2 Participantes.....	50
6.3 Variables del estudio	51
6.4 Instrumentos (Cuestionarios pre y post + métricas objetivas)	53
6.5 Procedimiento experimental.....	55
6.6 Consideraciones éticas	55
Capítulo 7 – Resultados.....	56
7.1 Participantes y comparabilidad inicial entre grupos	56
7.2 Comparabilidad inicial entre novatos.....	56
7.3 Operacionalización de dimensiones teóricas mediante métricas.....	56
7.4 Resultados en jugadores novatos.....	57
7.5 Comparación del impacto adaptativo según nivel de experiencia	77
7.6 Resultados subjetivos: cuestionario post test.....	82
7.6.1 Percepción de competencia (novatos)	82
7.6.2 Frustración (novatos).....	83
Capítulo 8 – Discusión.....	85
8.1 Discusión por pilares en jugadores novatos.....	85
8.2 Resultados subjetivos en novatos	86
Capítulo 9 - Limitaciones del Estudio.....	87
Capítulo 10 - Conclusión	89
Referencias.....	92
Anexos:.....	94
Anexo A: Cuestionario Pre-Test	94
Anexo B: Cuestionario Post-Test.....	94
Anexo C: Tabla de medias por variable medida en el sistema JUANES.....	94
Anexo D: Tabla de respuesta al formulario Pre-Test	96
Anexo E: Tabla de respuesta al formulario Post-Test	97
Anexos F: Tabla de las métricas registradas en sistema JUANES	99

Indice de tablas

Tabla 1: Clasificación de los pilares del sistema adaptativo JUANES según su grupo funcional y la dimensión motora o cognitiva que interviene en el proceso de aprendizaje y dominio del gamepad.	35
Tabla 3: Caracterización inicial de los participantes principiantes por condición experimental (medias del pre-test, escala 1–5).	56
Tabla 5: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Orientation en jugadores novatos.	59
Tabla 6: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Trajectory en jugadores novatos.	61
Tabla 7: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Landing en jugadores novatos.	65
Tabla 8: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Movement en jugadores novatos.	68
Tabla 9: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Obstacles en jugadores novatos.	70
Tabla 10: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Jitter en jugadores novatos.	73
Tabla 11: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Multitasking en jugadores novatos.	76
Tabla 12: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas de General Stats en jugadores novatos.	77
Tabla 13: Comparación por ítem individual del constructo Percepción de competencia en jugadores novatos según condición experimental.	83
Tabla 14: Comparación del índice compuesto de Percepción de competencia en jugadores novatos.	83
Tabla 15: Comparación por ítem individual del constructo Frustración en jugadores novatos según condición experimental.	84
Tabla 16: Comparación del índice compuesto de Frustración en jugadores novatos.	84

Índice de figuras

Figura 1: Modelo de Flow que representa la relación entre desafío (challenge) y habilidades (skills), y los estados emocionales asociados.....	16
Figura 2: Representación del equilibrio entre desafío y habilidades del jugador.....	18
Figura 3: Arquitectura del sistema adaptativo JUANES, mostrando el flujo de datos desde la telemetría en tiempo real hasta la activación de asistencias adaptativas.	31
Figura 4: Diagramas de caja que comparan las métricas de Orientación entre la versión Base y la versión Adaptive del sistema para jugadores novatos.	57
Figura 5: Diagramas de caja que comparan las métricas del pilar trajectory, entre la versión Base y la versión Adaptive del sistema para jugadores novatos.	59
Figura 6: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 2 – Landing.	62
Figura 7: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 3 – Movement, comparando las condiciones Base y Adaptive.	65
Figura 8: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 4 – Obstacles, comparando las condiciones Base y Adaptive.....	68
Figura 9: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 5 – Jitter, comparando las condiciones Base y Adaptive.....	71
Figura 10: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 6 – Multitasking, comparando las condiciones Base y Adaptive.	73
Figura 11: Diagramas de caja de las métricas asociadas a las estadísticas generales, comparando las condiciones Base y Adaptive.....	76
Figura 12: Comparación visual del pilar Orientation entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	78
Figura 13: Comparación visual del pilar Trajectory entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	79
Figura 14: Comparación visual del pilar Landing entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	79
Figura 15: Comparación visual del pilar Movement entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	80
Figura 16: Comparación visual del pilar Obstacles entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	80
Figura 17: Comparación visual del pilar Jitter entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.....	81
Figura 18: Comparación visual del pilar Multitasking entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.....	81
Figura 19: Comparación visual del General Stats entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.	82

Índice de imágenes

Imagen 1: Primera situación del juego donde se debe eliminar a un enemigo	28
Imagen 2: Situación de campo abierto para familiarizarse con Jetpack.....	28
Imagen 3: Escenario de salto preciso entre plataformas.....	28
Imagen 4: Escenario de zona de oleadas.....	29
Imagen 5: Escenario de evasión de obstáculos	29
Imagen 6: Escenario de multitarea	29
Imagen 7: Activación del sistema de alineación visual adaptativa en situación de orientación hacia objetivo.....	37
Imagen 8: Visualización de la trayectoria aérea del intento fallido anterior.	38
Imagen 9: Comparación de estabilidad lateral en el Pilar 3 – Movement, con Desplazamiento dentro del rango estable, sin activación de retroalimentación adaptativa.	41
Imagen 10: Comparación de estabilidad lateral en el Pilar 3 – Movement, con Desplazamiento dentro del rango estable, sin activación de retroalimentación adaptativa.	42
Imagen 11: Vista superior del escenario de evaluación multitarea: plataforma móvil en recorrido cíclico con aparición simultánea de obstáculos y enemigos (Pilar Multitasking).	46

Capítulo 1. Introducción y definición del problema

1.1 Introducción

La industria de los videojuegos ha experimentado un crecimiento exponencial durante las últimas décadas, consolidándose como uno de los sectores de entretenimiento más influyentes a nivel mundial. La evolución tecnológica ha permitido el desarrollo de experiencias cada vez más inmersivas, complejas y sofisticadas, integrando gráficos avanzados, sistemas físicos realistas, inteligencia artificial y narrativas interactivas de alta calidad. Este crecimiento no solo ha sido tecnológico, sino también demográfico: el perfil del jugador se ha diversificado considerablemente, ampliándose hacia distintos rangos etarios, niveles socioeconómicos y contextos culturales.

En este escenario de expansión, uno de los objetivos predominantes de la industria ha sido maximizar la retención de usuarios y atraer nuevas audiencias. Para ello, el diseño centrado en el usuario (UX) ha adquirido un rol estratégico en el desarrollo de videojuegos. Las decisiones de interfaz, retroalimentación, tutorialización y progresión están orientadas a optimizar la experiencia del jugador, reduciendo fricciones innecesarias y facilitando la comprensión de sistemas cada vez más complejos.

Sin embargo, pese a los avances en accesibilidad y experiencia de usuario, existe un aspecto que ha recibido menor atención explícita: el proceso de aprendizaje del dispositivo de control, particularmente el gamepad. En videojuegos de acción, como los First-Person Shooters (FPS), la adquisición inicial del dominio del mando requiere habilidades de coordinación viso-motora, precisión en la manipulación de sticks análogos, sincronización de múltiples botones y comprensión de combinaciones simultáneas de entradas. Estas habilidades no son triviales y demandan un periodo de adaptación que puede transformarse en una barrera de entrada significativa para jugadores sin experiencia previa.

Mientras que muchos jugadores desarrollan estas competencias desde edades tempranas, existe un segmento creciente de usuarios —particularmente personas adultas que no se familiarizaron con videojuegos desde edades tempranas, o jugadores con menor exposición previa a controles gamepads— que enfrenta una curva de aprendizaje pronunciada. Esta dificultad no se relaciona necesariamente con la complejidad conceptual del juego, sino con la destreza requerida para manipular eficazmente el control. En consecuencia, la frustración inicial asociada al uso del gamepad puede provocar abandono temprano, limitando el acceso y disfrute de la experiencia interactiva.

La industria de los videojuegos ha respondido históricamente a las dificultades iniciales de los jugadores mediante diversas estrategias orientadas a facilitar la incorporación temprana. Los tutoriales tradicionales, por ejemplo, introducen de manera secuencial las acciones básicas: movimiento, salto, disparo, recarga, uso de habilidades, entre otras. En muchos casos, estos tutoriales interrumpen la experiencia para explicar combinaciones de botones o forzar la repetición de una acción hasta que el sistema detecta su correcta ejecución.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Aunque este enfoque permite transmitir información explícita sobre el funcionamiento del control, no garantiza la internalización de las habilidades motoras necesarias para ejecutarlas de forma fluida en situaciones dinámicas y de alta presión.

Otra estrategia ampliamente utilizada es la implementación de ayudas automáticas integradas en la mecánica del juego, como el “aim assist”, que aplica técnicas de compensación de precisión o suavizado del retículo con el objetivo de equilibrar diferencias de habilidad entre jugadores, particularmente en juegos de disparos en primera persona (Vicencio-Moreira, Mandryk & Gutwin, 2015; Vicencio-Moreira et al., 2018). Asimismo, algunos títulos incorporan automatización parcial de acciones o ajustes en la tolerancia al error —como ampliación de márgenes de impacto o asistencia contextual en secuencias motoras complejas— prácticas asociadas a principios de usabilidad y accesibilidad en videojuegos (Isbister & Schaffer, 2008; Andrade et al., 2019). Paralelamente, diversos videojuegos implementan sistemas de ajuste dinámico de dificultad (Dynamic Difficulty Adjustment), que modifican variables internas tales como daño recibido, agresividad enemiga o ventanas temporales de ejecución en función del desempeño del jugador, enfoque ampliamente documentado en la literatura sobre adaptación interactiva (Hunicke, 2005; Xue et al., 2017).

Si bien estos enfoques pueden mejorar el rendimiento observable del jugador, la literatura señala que tales ajustes no necesariamente implican un fortalecimiento directo de las habilidades motoras subyacentes, sino una adaptación del entorno a su nivel actual (Vicencio-Moreira et al., 2018; Xue et al., 2017).

De manera complementaria, algunos videojuegos optan no por ajustar dinámicamente el sistema, sino por simplificar estructuralmente la interacción requerida. Esto puede manifestarse en la reducción de combinaciones de botones, la disminución de acciones simultáneas o la automatización permanente de tareas como el escalado de obstáculos o la recarga de armas. A diferencia de los ajustes dinámicos descritos previamente, estas decisiones no adaptan el entorno al jugador, sino que redefinen el diseño mismo de la mecánica.

El problema fundamental de estas aproximaciones radica en que intervienen principalmente sobre el sistema del juego —sus reglas, su dificultad o su estructura mecánica— y no sobre el proceso de adquisición de habilidades motoras del jugador. El dominio del gamepad implica coordinación viso-motora fina, control preciso de sticks análogos, regulación de fuerza en gatillos, sincronización bimanual y toma de decisiones bajo presión temporal. Estas competencias no se adquieren únicamente mediante instrucciones verbales ni mediante la reducción de exigencia del entorno, sino a través de práctica guiada y retroalimentación significativa.

Modificar la dificultad intrínseca del juego puede generar efectos colaterales relevantes. Por un lado, puede afectar la percepción de competencia y logro del jugador, al introducir

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

ajustes invisibles que alteran el resultado sin que exista una mejora real en sus habilidades. Por otro lado, puede comprometer la consistencia del diseño original, especialmente en juegos donde la precisión y el control fino son parte esencial de la experiencia.

En muchos videojuegos contemporáneos, la reducción de dificultad se implementa de forma implícita, sin que el jugador sea plenamente consciente de ello. Sistemas de ajuste dinámico modifican variables internas como la precisión enemiga, la agresividad de la inteligencia artificial o el margen de error permitido, sin comunicar explícitamente que el entorno ha sido suavizado. Si bien estas estrategias buscan evitar la frustración y mantener el flujo de juego, pueden generar una mejora aparente en el rendimiento sin que exista un progreso real en las habilidades del usuario.

Desde una perspectiva más profunda, esta práctica plantea además una problemática relacionada con la percepción de agencia y competencia del jugador. Cuando los sistemas ajustan silenciosamente variables internas para facilitar el progreso, el usuario puede experimentar una sensación de mejora que no necesariamente corresponde a un fortalecimiento real de sus habilidades motoras. La relación entre esfuerzo y resultado se ve parcialmente mediada por modificaciones invisibles del entorno, lo que puede distorsionar la percepción de logro. En este sentido, el aprendizaje se reemplaza por compensación sistémica.

Asimismo, estas adaptaciones implícitas limitan la transferencia de habilidades. Un jugador que progresa bajo ajustes automáticos puede enfrentar dificultades significativas al interactuar con otros sistemas que no incorporen las mismas compensaciones. Esto evidencia que la mejora observada no radicaba en el dominio del control, sino en la alteración contextual del desafío.

Desde una perspectiva ética del diseño interactivo, surge además la interrogante sobre la transparencia de estos mecanismos. La modificación no comunicada de la dificultad puede alterar la experiencia concebida originalmente, afectando la coherencia del sistema lúdico y la autenticidad del logro. En contraste, una interfaz adaptativa centrada en la mediación y retroalimentación motora no modifica las reglas del juego, sino que fortalece la competencia del jugador dentro del marco original del desafío.

En este contexto, las interfaces adaptativas emergen como una alternativa conceptualmente distinta. En lugar de modificar el desafío, estas intervienen en la mediación entre el jugador y el sistema. Una interfaz adaptativa no altera las reglas del juego, sino que ajusta la forma en que la información es presentada y la manera en que el jugador recibe retroalimentación sobre su desempeño motor.

Esto puede materializarse en señales visuales que refuercen la alineación correcta, retroalimentación auditiva que indique inestabilidad o proximidad al error, o indicadores

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

hápticos que ayuden a regular la intensidad de una acción. La clave radica en que estas asistencias no sustituyen la acción del jugador, sino que la hacen más comprensible, reduciendo la carga cognitiva asociada al aprendizaje del control y facilitando la construcción progresiva de patrones motores adecuados.

De esta forma, el enfoque propuesto en este trabajo se diferencia de las estrategias tradicionales al no buscar que el jugador “tenga mejores resultados” mediante compensaciones invisibles, sino que efectivamente aprenda a utilizar el gamepad de manera más eficiente.

La interfaz adaptativa actúa como un sistema de retroalimentación en tiempo real que detecta errores recurrentes o patrones de inestabilidad. A partir de ello, aplica ajustes progresivos diseñados para orientar el aprendizaje sin intervenir en la dificultad estructural del juego.

El presente proyecto se sitúa precisamente en esta línea de investigación aplicada: diseñar una interfaz adaptativa dentro de un entorno FPS desarrollado en Unity que facilite el dominio progresivo del control en su fase inicial, en jugadores novatos, manteniendo intacta la complejidad intrínseca del sistema lúdico. En lugar de simplificar el desafío, la propuesta optimiza la experiencia de interacción motora, transformando la interfaz en un agente activo de apoyo al aprendizaje.

De este modo, la contribución del trabajo no se limita a una mejora puntual de usabilidad, sino que propone un modelo replicable para abordar la curva de aprendizaje del control en videojuegos desde una perspectiva centrada en la experiencia motora del usuario, alineada con principios de UX, accesibilidad y diseño adaptativo.

1.2 Problemática del aprendizaje del gamepad en jugadores novatos

El uso del gamepad como dispositivo principal de interacción en videojuegos de consola y en numerosos títulos de PC introduce una complejidad específica que no siempre es visible en la superficie del diseño: la necesidad de dominar un sistema de control bimanual, analógico y multifuncional.

A diferencia del teclado y mouse —donde las funciones suelen estar espacialmente distribuidas— el gamepad concentra múltiples grados de libertad en un espacio reducido, requiriendo coordinación simultánea de ambos pulgares, control diferenciado de gatillos y reconocimiento táctil de botones sin apoyo visual constante.

En videojuegos de disparos en primera persona (FPS), esta complejidad se intensifica. El jugador debe desplazarse, orientar la cámara, apuntar con precisión milimétrica, disparar, saltar y ejecutar acciones secundarias de manera simultánea y bajo presión temporal. La

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

dificultad no reside únicamente en comprender qué acción realizar, sino en ejecutar dicha acción con estabilidad, precisión y sincronización en un entorno dinámico.

En este sentido, resulta fundamental distinguir entre dificultad conceptual —entender las reglas y objetivos del juego— y dificultad motora —lograr ejecutar las acciones requeridas con el dispositivo de control. En muchos casos, el obstáculo inicial no es cognitivo-estratégico, sino eminentemente motor.

Para jugadores novatos, el aprendizaje del gamepad implica un proceso progresivo de adquisición y automatización de patrones motores. Inicialmente, cada movimiento del stick análogo requiere atención consciente; la relación entre desplazamiento físico del pulgar y respuesta en pantalla no está internalizada. Esta etapa suele caracterizarse por sobrecorrecciones en el apuntado, movimientos erráticos de cámara, desincronización entre desplazamiento y orientación y errores frecuentes en combinaciones de botones. Con el tiempo y la práctica, estos movimientos pueden automatizarse, liberando recursos atencionales para la toma de decisiones estratégicas. Sin embargo, en ausencia de acompañamiento adecuado, esta transición puede ser lenta y frustrante.

Durante las primeras sesiones de juego, el jugador novato enfrenta una doble exigencia: comprender el entorno interactivo y gestionar conscientemente el dispositivo físico. Esta simultaneidad genera una sobrecarga cognitiva significativa. Parte de la atención que debería destinarse a anticipar enemigos, planificar movimientos o evaluar riesgos se invierte en controlar la estabilidad del retículo o recordar la ubicación de botones. Mientras que usuarios experimentados operan el control de forma prácticamente automática, los novatos deben monitorear cada acción, lo que reduce su fluidez y aumenta la probabilidad de error.

Esta situación se vuelve especialmente crítica en contextos de alta velocidad o bajo margen de error. Pequeñas imprecisiones en el movimiento del stick análogo pueden desencadenar fallos reiterados, generando una percepción de incompetencia que no necesariamente refleja incapacidad estratégica, sino falta de dominio motor del dispositivo. El resultado puede ser un ciclo de error-frustración-abandono, particularmente en jugadores con menor exposición previa a controles tradicionales.

Otro aspecto relevante es la transferencia de habilidades. El dominio del gamepad no es exclusivo de un juego específico; constituye una competencia motora transversal que puede aplicarse a múltiples títulos del mismo género o incluso de géneros distintos. Cuando el jugador no desarrolla una base sólida en el control, su desempeño tiende a verse afectado en cada nueva experiencia interactiva que requiera habilidades similares. Por el contrario, cuando logra **consolidar patrones básicos** de apuntado, desplazamiento y coordinación bimanual, estas habilidades pueden trasladarse de manera más eficiente entre distintos sistemas lúdicos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Pese a la relevancia de este proceso, la mayoría de los videojuegos contemporáneos asume implícitamente que el usuario posee un nivel mínimo de alfabetización motora en el uso del gamepad. Las ayudas iniciales suelen centrarse en explicar funciones o comandos, pero no en acompañar activamente la consolidación de habilidades motoras específicas. En consecuencia, el proceso de dominio del control queda principalmente en manos del jugador, dependiendo de ensayo y error no estructurado.

Desde esta perspectiva, la problemática del aprendizaje del gamepad no radica únicamente en la complejidad del juego en sí, sino en la falta de mecanismos sistemáticos que faciliten la transición desde un control consciente e inestable hacia una ejecución automatizada y precisa. Abordar esta brecha no implica reducir la dificultad intrínseca del sistema lúdico, sino intervenir en la mediación entre jugador y dispositivo para favorecer la construcción progresiva de competencia motora.

El presente trabajo parte de esta premisa: una parte significativa de la frustración inicial en videojuegos de alta exigencia no proviene del desafío estratégico, sino de la ausencia de apoyo estructurado para la adquisición inicial del dominio del control. En consecuencia, se propone explorar un modelo de interfaz adaptativa capaz de detectar patrones de inestabilidad y error en tiempo real, proporcionando retroalimentación contextual orientada a fortalecer la competencia motora del jugador novato sin alterar la dificultad fundamental del juego.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar e implementar una interfaz adaptativa e inteligente en el entorno *FPS Sample* de Unity que facilite el aprendizaje progresivo del uso del gamepad en jugadores novatos, mediante la detección en tiempo real de sus dificultades motoras y la provisión de ajustes y retroalimentación contextual en la interfaz, con el propósito de promover un mejor desempeño en la etapa inicial de aprendizaje del control sin alterar la dificultad intrínseca del juego.

Objetivos Específicos

1. Implementar un sistema de detección en tiempo real capaz de identificar errores recurrentes y patrones de inestabilidad asociados al uso del gamepad durante el juego.
2. Desarrollar un entorno jugable basado en el FPS Sample de Unity, estructurado en situaciones representativas de videojuegos de disparos en primera persona que permitan exponer dificultades comunes en el uso del gamepad y aplicar sobre ellas mecanismos de asistencia adaptativa en tiempo real.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

3. Evaluar la efectividad de la interfaz adaptativa mediante pruebas con jugadores, comparando el desempeño motor y la experiencia subjetiva entre una versión base del sistema y una versión con asistencia adaptativa.

Alcance y delimitaciones

El presente trabajo se enfoca en el desarrollo e implementación de una interfaz adaptativa aplicada a un entorno específico de videojuego tipo First-Person Shooter (FPS), construido sobre la base del proyecto *FPS Sample* de Unity. La propuesta se orienta exclusivamente al fortalecimiento del dominio del gamepad en jugadores novatos, mediante la detección en tiempo real de dificultades motoras y la aplicación de retroalimentación adaptativa contextual.

El entorno desarrollado representa un conjunto de situaciones diseñadas para reproducir escenarios frecuentes en videojuegos FPS sin pretender abarcar la totalidad de mecánicas existentes en el género. Los resultados obtenidos deben interpretarse dentro del contexto experimental definido y no como una generalización automática a todos los videojuegos o géneros interactivos.

La evaluación del sistema se realiza mediante pruebas con jugadores, comparando condiciones con y sin interfaz adaptativa. El estudio no busca evaluar efectos a largo plazo en el aprendizaje motor ni realizar un seguimiento longitudinal del desarrollo de habilidades, sino analizar el impacto inicial.

Finalmente, el proyecto no pretende constituir una solución universal de accesibilidad ni abordar condiciones específicas relacionadas con discapacidades motoras o cognitivas. Su foco se sitúa en usuarios sin experiencia previa significativa con el gamepad, dentro de un contexto recreativo.

En consecuencia, los resultados y conclusiones del presente trabajo deben entenderse como aplicables al escenario experimental implementado, ofreciendo una base conceptual y metodológica para futuras investigaciones que amplíen el alcance a otros géneros, plataformas o perfiles de usuario.

El estudio se limita a efectos de corto plazo observables durante la sesión y se orienta a la fase inicial de adquisición del control; no evalúa retención longitudinal ni transferencia a otros juegos.

Capítulo 2 - Marco Teórico

2.1 Experiencia de Usuario (jugador) y percepción de competencia

La experiencia del jugador constituye uno de los ejes centrales en el diseño contemporáneo de videojuegos. A diferencia de otros sistemas interactivos, donde la eficiencia o productividad pueden ser el principal criterio de evaluación, en videojuegos el objetivo primario es generar una experiencia significativa que combine desafío, motivación y disfrute. La literatura en experiencia de usuario aplicada a juegos sostiene que la calidad de la interacción no depende únicamente del contenido o la narrativa, sino de cómo el jugador percibe su capacidad para actuar eficazmente dentro del sistema (Isbister & Schaffer, 2008).

Dentro de este marco, la percepción de competencia es una dimensión fundamental. Desde la teoría de la autodeterminación, la competencia se define como la sensación de eficacia y dominio frente a tareas desafiantes (Ryan, Rigby & Przybylski, 2006). En el contexto de videojuegos, esta percepción se construye cuando el jugador experimenta una correspondencia clara entre esfuerzo, acción y resultado. Cuando los desafíos son superados a través de habilidades propias, se fortalece la motivación intrínseca y la disposición a continuar interactuando con el sistema.

Un modelo ampliamente citado para comprender esta relación es el modelo de Flow propuesto por Csikszentmihalyi (1990), el cual describe un estado óptimo de experiencia que ocurre cuando el nivel de desafío se encuentra equilibrado con el nivel de habilidad del individuo. Cuando el desafío supera significativamente la habilidad percibida, emergen estados de ansiedad y frustración; cuando ocurre lo contrario, predominan el aburrimiento y la apatía. En videojuegos, este equilibrio resulta crítico para sostener la inmersión y el compromiso.

En el contexto específico de videojuegos, el modelo GameFlow propone dimensiones concretas para evaluar el disfrute y la calidad de la experiencia —como concentración, desafío, sensación de control y feedback— reforzando la importancia de mantener el equilibrio entre reto y competencia percibida (Sweetser & Wyeth, 2005).

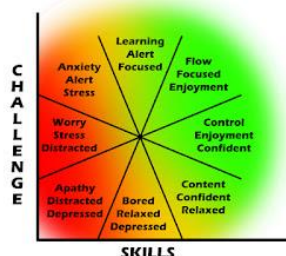


Figura 1: Modelo de Flow que representa la relación entre desafío (challenge) y habilidades (skills), y los estados emocionales asociados.

Fuente: Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Sin embargo, el modelo tradicional de desafío-habilidad suele abordarse desde una perspectiva general del juego, considerando dificultad en términos globales —como comportamiento enemigo, complejidad estratégica o progresión narrativa— y no necesariamente desde la dimensión motora de la interacción. En entornos que requieren control preciso mediante dispositivos como el gamepad, la habilidad relevante no es únicamente cognitiva o estratégica, sino también motora.

En este sentido, la percepción de competencia puede verse afectada no por la complejidad conceptual del sistema, sino por la dificultad de ejecutar acciones con precisión. Cuando el jugador comprende qué debe hacer, pero no logra realizarlo eficazmente debido a inestabilidad en el control, se produce una disonancia entre intención y ejecución. Esta brecha puede erosionar la percepción de dominio y desplazar al jugador hacia zonas de frustración, incluso si el desafío es razonable.

Por lo tanto, comprender la experiencia del jugador desde la perspectiva de la competencia implica considerar no solo el equilibrio entre desafío y habilidad de manera general, sino también qué tan bien el sistema apoya al jugador en el aprendizaje y mejora de sus habilidades motoras. En este sentido, fortalecer el dominio del control se vuelve un aspecto clave para sostener experiencias positivas y motivadoras, especialmente en quienes están comenzando a familiarizarse con el gamepad.

2.2 Curva de aprendizaje y dificultad motora en videojuegos

La curva de aprendizaje en videojuegos describe el proceso mediante el cual un jugador adquiere progresivamente las habilidades necesarias para interactuar con un sistema de manera competente. Tradicionalmente, este concepto se ha entendido como la relación entre el aumento del desafío y el desarrollo de la habilidad del jugador a lo largo del tiempo. Un diseño equilibrado busca introducir mecánicas gradualmente, permitiendo que el usuario internalice nuevas acciones antes de enfrentarse a retos de mayor complejidad.

Este enfoque puede representarse gráficamente como una progresión ascendente en la que el nivel de habilidad del jugador aumenta de forma gradual a medida que se enfrenta a desafíos crecientes.

Una representación conceptual de esta progresión puede observarse en la propuesta presentada por Dennett (2011), quien ilustra gráficamente la relación entre desafío y habilidad a lo largo del tiempo.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

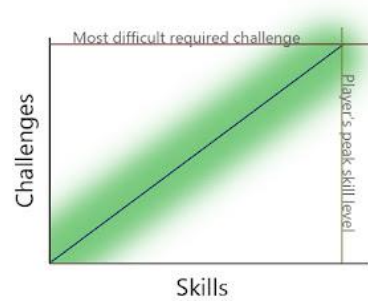


Figura 2: Representación del equilibrio entre desafío y habilidades del jugador.

Fuente: Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002.

En muchos modelos de diseño, la curva de aprendizaje se asocia principalmente con la comprensión de reglas, estrategias o sistemas internos del juego. Se asume que, a medida que el jugador entiende mejor el entorno y sus mecánicas, su desempeño mejora de manera proporcional. Sin embargo, esta visión puede resultar incompleta en géneros donde el componente motor tiene un peso determinante, como ocurre en los videojuegos de disparos en primera persona.

En este tipo de entornos, la dificultad no se encuentra únicamente en interpretar correctamente la situación o tomar decisiones estratégicas adecuadas, sino en ejecutar con precisión las acciones requeridas mediante el dispositivo de control. La curva de aprendizaje incluye entonces una dimensión motora que no siempre es abordada explícitamente por el diseño del juego. El jugador puede comprender perfectamente qué acción realizar pero fallar en su ejecución debido a inestabilidad en el control o falta de coordinación.

Cuando esta dimensión motora no es acompañada adecuadamente, la progresión del jugador puede verse afectada. En lugar de experimentar una mejora fluida y gradual, el usuario puede enfrentar períodos prolongados de ensayo y error sin retroalimentación clara sobre cómo corregir sus movimientos. Esto puede generar una percepción de estancamiento, aun cuando el desafío conceptual del juego no sea excesivo.

En consecuencia, la curva de aprendizaje no debe entenderse únicamente como un incremento progresivo de dificultad, sino como un proceso bidimensional que involucra tanto la adquisición de comprensión del sistema como el dominio físico del dispositivo de interacción. En jugadores novatos, esta segunda dimensión puede representar la principal barrera inicial.

2.3 Aprendizaje motor y automatización en tareas interactivas

El aprendizaje motor se refiere al proceso mediante el cual un individuo adquiere y perfecciona habilidades relacionadas con la ejecución de movimientos coordinados. A diferencia del aprendizaje conceptual, que implica la comprensión de reglas o información

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

declarativa, el aprendizaje motor involucra la repetición, el ajuste progresivo y la consolidación de patrones de acción que permiten ejecutar tareas con mayor precisión y menor esfuerzo consciente.

Un modelo ampliamente citado en el estudio del aprendizaje motor es el propuesto por Fitts y Posner (1967), quienes describen tres etapas progresivas: la fase cognitiva, la fase asociativa y la fase autónoma. En la fase cognitiva, el individuo presta atención consciente a cada componente de la acción; los errores son frecuentes y el control es inestable.

En la fase asociativa, los movimientos comienzan a estabilizarse, disminuyen las correcciones bruscas y se mejora la coordinación.

Finalmente, en la fase autónoma, la ejecución se vuelve automática, requiriendo menor supervisión consciente y liberando recursos atencionales para otras tareas.

En el contexto de videojuegos que requieren el uso de gamepad, estas etapas pueden observarse con claridad. Un jugador novato suele encontrarse en una fase cognitiva, donde cada movimiento del stick análogo requiere deliberación y ajuste constante. La presencia de sobrecorrecciones, oscilaciones en el apuntado o desincronización entre movimiento y orientación son manifestaciones típicas de esta etapa inicial. A medida que el jugador practica, estos movimientos tienden a estabilizarse y a volverse más consistentes.

Este proceso está estrechamente vinculado con la gestión de recursos cognitivos. Cuando una tarea motora no ha sido automatizada, requiere un nivel elevado de atención consciente, lo que puede generar sobrecarga cognitiva en situaciones que demandan simultáneamente toma de decisiones estratégicas y ejecución precisa. La teoría de la carga cognitiva (Sweller, 1988) plantea que la capacidad de procesamiento consciente es limitada; cuando esta se encuentra saturada, el desempeño puede deteriorarse incluso si el individuo comprende adecuadamente la tarea.

Otro aspecto relevante del aprendizaje motor es la transferencia de habilidades. Una vez que ciertos patrones de movimiento han sido consolidados, pueden aplicarse en contextos similares, incluso en juegos distintos. Sin embargo, cuando la fase inicial de aprendizaje no se consolida adecuadamente, esta transferencia se ve limitada.

Además del proceso progresivo de automatización, la retroalimentación desempeña un rol central en el aprendizaje motor. La literatura distingue entre *knowledge of results* (KR), que informa al individuo sobre el resultado obtenido tras la acción, y *knowledge of performance* (KP), que proporciona información acerca de la calidad del movimiento ejecutado (Schmidt & Lee, 2011). Mientras que el KR permite evaluar si se alcanzó el objetivo, el KP facilita la corrección de patrones específicos de ejecución.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En tareas motoras complejas, la disponibilidad de retroalimentación adecuada puede acelerar la estabilización de movimientos y reducir la variabilidad inicial. Sin embargo, la evidencia también advierte sobre el denominado *guidance effect*, fenómeno por el cual una asistencia excesiva o permanente puede generar dependencia y limitar la consolidación autónoma de la habilidad (Wulf, 2013). Cuando el apoyo externo sustituye el proceso interno de ajuste, el desempeño puede mejorar momentáneamente sin que exista una verdadera internalización del patrón motor.

En consecuencia, la efectividad de un sistema de asistencia no depende únicamente de su presencia, sino de su carácter progresivo y regulado. Una retroalimentación diseñada para acompañar el aprendizaje debe facilitar la corrección sin reemplazar la acción del usuario. Este principio resulta especialmente relevante en el contexto del presente estudio, donde la interfaz adaptativa busca fortalecer la adquisición temprana del control sin sustituir la ejecución del jugador.

2.4 Sistemas adaptativos en videojuegos

La adaptación en videojuegos puede entenderse como un conjunto de mecanismos que modifican, en tiempo real o entre sesiones, componentes del sistema (p. ej., dificultad, asistencia, feedback o interfaz) con el objetivo de mantener un balance entre desafío y capacidad del usuario, promoviendo engagement, evitando frustración y facilitando el aprendizaje progresivo del funcionamiento del sistema.

En la literatura, este enfoque ha sido estudiado ampliamente bajo el paraguas de *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) en juegos comerciales (Hunicke, 2005; Zohaib, 2018), y también como adaptación pedagógica en *serious games* y entornos interactivos de entrenamiento (Víteková, 2026). Las investigaciones convergen en que la adaptación es más efectiva cuando se apoya en (i) mediciones observables del desempeño o del estado del usuario, (ii) reglas o modelos que deciden la intervención, y (iii) mecanismos de cambio que no destruyen la experiencia central del juego ni generan una sensación de manipulación excesiva (Hunicke, 2005).

Dynamic Difficulty Adjustment (DDA): fundamentos y límites

El DDA se define como la modificación automática de características del juego (parámetros, comportamiento, ritmo, recursos u otros) en función del desempeño del jugador, con el propósito de reducir el desajuste entre habilidad y dificultad (Hunicke, 2005). Una contribución fundacional plantea que el ajuste debe responder a señales confiables del jugador, mantener coherencia con el diseño del juego y evitar cambios bruscos que dañen la sensación de agencia o justicia (Hunicke, 2005). En revisiones posteriores se ha consolidado que las soluciones de DDA suelen ajustando variables como daño, velocidad, número de enemigos o disponibilidad de ayudas (Zohaib, 2018).

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Sin embargo, la evidencia también enfatiza limitaciones relevantes para contextos de aprendizaje: (i) adaptar “la dificultad del mundo” puede mejorar la experiencia percibida, pero no necesariamente promueve la adquisición de la habilidad objetivo si el sistema compensa el error en lugar de entrenar al usuario; y (ii) algunos algoritmos actúan cuando el jugador ya va rezagado, produciendo intervenciones tardías o insuficientes (Vicencio-Moreira et al., 2014).

Asistencias y “external assistance”: adaptar sin alterar el desafío central

Una línea complementaria al DDA clásico analiza técnicas de *external assistance* (EA), que no necesariamente cambian la dificultad del entorno, sino que introducen apoyos perceptuales o informacionales para ayudar al jugador a resolver demandas específicas. Refai et al. (2020) reportan que técnicas de asistencia externa pueden aumentar el desempeño y reducir el desafío percibido, funcionando como herramientas efectivas de apoyo cuando son implementadas con moderación.

En el dominio de FPS, Vicencio-Moreira et al. (2014) evaluaron técnicas de asistencia de apuntado como *area cursor* y *bullet magnetism* con el objetivo de balancear jugadores de distinta habilidad. Sus resultados sugieren que la asistencia aislada puede no ser suficiente para equilibrar completamente la experiencia competitiva, en parte porque la habilidad de apuntar involucra múltiples subcomponentes (anticipación, control fino y toma de decisiones). No obstante, estos trabajos son relevantes para sistemas orientados al aprendizaje, ya que muestran qué tipos de ayudas son plausibles en un FPS y cuáles son sus riesgos de dependencia o intervención tardía.

Desde esta perspectiva, una adaptación orientada al aprendizaje se beneficia cuando las asistencias se diseñan como *andamiaje (scaffolding)*: apoyos temporales que reducen carga inicial, pero que pueden retirarse progresivamente conforme mejora el desempeño del usuario.

Adaptación en serious games: personalización para objetivos de aprendizaje

En *serious games*, la adaptación busca optimizar resultados formativos más que únicamente mantener entretenimiento. Revisiones sistemáticas indican que la adaptación suele vincularse con teorías de aprendizaje y motivación, utilizando señales como rendimiento, progreso y errores para ajustar niveles, feedback o apoyos (Víteková, 2026). La evidencia sugiere que la adaptación puede operar sobre la estructura de la tarea, la presentación de información, el tipo de feedback o la regulación del entorno.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En este contexto, la adaptación no se justifica solo por mejorar la experiencia subjetiva, sino porque permite mantener al usuario en un rango de desafío óptimo donde la práctica es sostenida y eficaz.

Aprendizaje motor y feedback aumentado: por qué las asistencias deben dosificarse

En habilidades de control motor, el uso de *feedback aumentado* constituye un elemento central del diseño instruccional. Este puede ser visual, auditivo o háptico, y tiene el potencial de mejorar tanto desempeño inmediato como aprendizaje a largo plazo (Schmidt & Lee, 2011; Petancevski et al., 2022). Sin embargo, la literatura también advierte que su frecuencia y modalidad deben ser cuidadosamente dosificadas.

La denominada hipótesis de la guía sostiene que un feedback excesivo puede generar dependencia, disminuyendo la capacidad del aprendiz para auto-corregirse cuando el apoyo se retira (Schmidt & Lee, 2011). Por ello, para favorecer aprendizaje genuino y no solo rendimiento momentáneo, la asistencia debe funcionar como guía progresiva, activándose ante necesidad y disminuyendo conforme mejora el control del usuario.

Este principio es fundamental en juegos orientados a acelerar adquisición de habilidades: reducir la dificultad estructural puede mejorar el rendimiento inmediato, pero el uso estratégico de feedback aumentado permite intervenir directamente sobre la calibración motora sin eliminar el desafío.

Adaptación basada en estado afectivo o carga: regulación para sostener la práctica

Otra línea de investigación aborda la adaptación guiada por el estado del usuario, utilizando indicadores conductuales o fisiológicos para inferir estrés o sobrecarga (Petkov et al., 2021). Estos enfoques muestran que es posible ajustar dificultad o entorno en función de señales de colapso o fatiga.

Sin necesidad de sensores fisiológicos, muchos sistemas emplean proxies conductuales como muertes reiteradas, errores frecuentes o alta variabilidad motora para activar regulaciones contextuales. Esta estrategia permite reducir distractores o modular estímulos cuando el desempeño cae por debajo de niveles críticos, favoreciendo continuidad de práctica efectiva sin “regalar” el éxito.

Síntesis: implicancias para la selección de variables adaptativas en JUANES

A partir de la literatura revisada, pueden extraerse principios que guían la selección de variables adaptativas en JUANES:

1. Medición basada en desempeño observable, coherente con DDA y serious games (Hunicke, 2005; Zohaib, 2018).

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

2. Intervenciones como andamiaje y no sustitución de habilidad, en línea con la hipótesis de la guía (Schmidt & Lee, 2011).
3. Asistencias específicas a demandas perceptivo-motoras, como muestran estudios en FPS (Vicencio-Moreira et al., 2014; Refai et al., 2020).
4. Regulación de sobrecarga para sostener práctica, respaldada por modelos adaptativos basados en estado (Petkov et al., 2021).

En consecuencia, la definición de variables adaptativas por “pilares” en JUANES puede interpretarse como una operacionalización directa de estos modelos: cada pilar agrupa demandas perceptivo-motoras y cognitivas identificables en la literatura, y las asistencias actúan como feedback aumentado o regulación contextual condicionada por desempeño, con el objetivo de acelerar la adquisición de control sin alterar la estructura central del juego.

Derivación y justificación teórica de los pilares adaptativos en JUANES

La definición de los pilares adaptativos en JUANES no responde a una clasificación arbitraria de métricas, sino a la operacionalización de dimensiones del control perceptivo-motor y cognitivo descritas en la literatura sobre aprendizaje motor, interacción humano-computador y análisis de desempeño en videojuegos de disparos en primera persona (FPS).

Cada pilar del sistema corresponde, por tanto, a un constructo funcional identificado en modelos previos, el cual se traduce en métricas observables y en mecanismos de intervención coherentes con evidencia empírica existente.

Pilar Orientation

La definición de un pilar específico de Orientation se fundamenta en que, en videojuegos en primera persona, el control exitoso no depende únicamente de la ejecución motora, sino también de la regulación atencional y la estabilización visoespacial. Estudios sobre comportamiento visual en tareas de precisión han mostrado que los patrones de fijación y reorientación se relacionan directamente con el nivel de desempeño y experiencia (Dahl et al., 2021). Asimismo, investigaciones en FPS han explorado el uso de señales atencionales y seguimiento ocular para adaptar dinámicamente la experiencia de juego, demostrando que la orientación visual constituye una dimensión medible y modificable del rendimiento (Antunes & Santana, 2018).

En JUANES, variables como el porcentaje de tiempo mirando fuera del objetivo y la frecuencia de reorientación operacionalizan la estabilidad atencional y la capacidad de recuperación visomotora. La activación de asistencias visuales ante umbrales críticos se alinea con la evidencia sobre feedback aumentado en aprendizaje motor, el cual sugiere que la visibilización de información relevante puede acelerar la calibración perceptiva siempre que no sustituya permanentemente el control interno del jugador (Schmidt & Lee, 2011).

Pilar Trajectory

El pilar Trajectory se justifica desde modelos de control predictivo del movimiento y planificación anticipatoria. En tareas dinámicas, la habilidad no depende únicamente de alcanzar un objetivo, sino de la calidad del trayecto que conduce a él. Investigaciones en habilidades sensorimotoras en entornos tipo FPS han demostrado que métricas cinemáticas como desviación espacial, eficiencia de trayectoria y variabilidad del movimiento permiten diferenciar niveles de experiencia y predecir desempeño (Stafford & Dewar, 2014).

En este marco, variables como desviación media respecto a la trayectoria óptima y tasa de correcciones funcionan como indicadores de control anticipatorio. La introducción de apoyos visuales que clarifican el recorrido deseado se fundamenta en evidencia que señala que el feedback visual explícito sobre el error o la trayectoria puede acelerar la consolidación del patrón motor (Anderson et al., 2005). De este modo, el pilar Trajectory no representa una decisión arbitraria, sino la operacionalización de constructos asociados al control predictivo descritos en la literatura de aprendizaje motor.

Pilar Landing

El pilar Landing se deriva de modelos que distinguen la fase terminal del movimiento como un momento crítico de precisión y ajuste fino. La literatura en aprendizaje motor destaca que la fase final requiere regulación temporal y espacial precisa, siendo particularmente sensible a feedback externo (Schmidt & Lee, 2011). Investigaciones sobre aumentación visual del error han demostrado que la información explícita sobre la magnitud y dirección del error puede mejorar la calibración en tareas de precisión (Patton et al., 2006).

En JUANES, métricas como error de aterrizaje, patinaje tras aterrizaje y velocidad de impacto operacionalizan la calidad del control en la fase terminal. La activación de señales anticipatorias o indicadores de alineación responde a principios de feedback aumentado dosificado, coherente con la hipótesis de la guía, que advierte que la asistencia debe facilitar el aprendizaje sin generar dependencia permanente (Anderson et al., 2005).

Pilar Movement

El pilar Movement se fundamenta en modelos de estabilidad locomotora y control dinámico continuo. Estudios en entrenamiento sensorimotor en entornos digitales han demostrado que la variabilidad del movimiento y la eficiencia cinemática son indicadores robustos de habilidad (Stafford & Dewar, 2014). La estabilidad en desplazamientos sostenidos requiere integración sensorial y ajuste constante del input motor, procesos ampliamente descritos en teorías de aprendizaje motor (Schmidt & Lee, 2011).

Variables como variabilidad de velocidad, desviación lateral y tasa de microcorrecciones operacionalizan esta estabilidad dinámica. Las asistencias visuales asociadas no alteran la dificultad estructural del entorno, sino que proporcionan información adicional que reduce

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

incertidumbre inicial, en línea con enfoques de feedback aumentado progresivo (Anderson et al., 2005).

Pilar Obstacles

La existencia de un pilar específico para Obstacles se justifica porque la evitación de obstáculos constituye una tarea visuomotora diferenciada respecto al movimiento libre. Investigaciones en neurociencia del movimiento han demostrado que la planificación para evitar colisiones involucra procesos de integración visual-espacial distintos a los utilizados en desplazamientos sin restricciones (Wolpert & Flanagan, 2001).

En JUANES, métricas como tasa de colisiones, tiempo en contacto y proximidad crítica operacionalizan la capacidad de integrar percepción espacial con ejecución motora bajo restricciones ambientales.

Pilar Multitasking

El pilar Multitasking se sustenta en modelos de interferencia de doble tarea y teoría de carga cognitiva. La evidencia experimental muestra que el desempeño decrece cuando múltiples tareas compiten por recursos limitados de procesamiento (Pashler, 1994; Sweller, 1988). En videojuegos, la coordinación simultánea de control motor y monitoreo de amenazas genera interferencia medible, afectando estabilidad y precisión (Bediou et al., 2018).

En JUANES, indicadores como microcorrecciones, desviación media y muertes durante tareas combinadas operacionalizan la sobrecarga funcional. La modulación de estímulos auditivos o reducción de intensidad ambiental ante señales de colapso se fundamenta en modelos que proponen que la reducción de carga extrínseca facilita el aprendizaje cuando la demanda supera la capacidad disponible.

Pilar Jitter

El pilar Jitter se fundamenta en modelos de control neuromuscular fino y estabilidad motora. La presencia de oscilaciones excesivas o microcorrecciones constantes refleja falta de calibración en el control motor, fenómeno ampliamente descrito en estudios de adquisición de habilidades de precisión (Schmidt & Lee, 2011). Investigaciones recientes en tareas de puntería digital han demostrado que métricas cinemáticas permiten cuantificar diferencias de pericia y estabilidad en el control (Stafford & Dewar, 2014).

En JUANES, la tasa de microcorrecciones y la variabilidad angular operacionalizan esta estabilidad fina. La activación adaptativa ante umbrales elevados responde a principios de feedback aumentado dosificado y regulación de interferencia, buscando facilitar la consolidación del patrón motor sin automatizar la ejecución (Anderson et al., 2005).

Capítulo 3 – Diseño y Arquitectura del Sistema JUANES

3.1 Entorno base: FPS Sample en Unity

El desarrollo del sistema propuesto se implementó sobre el proyecto *FPS Sample* de Unity, un entorno base que proporciona una estructura funcional de videojuego tipo First-Person Shooter (FPS). Este proyecto incluye mecánicas fundamentales del género, tales como desplazamiento en primera persona, control de cámara mediante sticks análogos, sistema de disparo, interacción con enemigos y gestión de eventos básicos del juego.

El entorno fue configurado para ejecutarse con control mediante gamepad, replicando las condiciones habituales de interacción en consolas o entornos compatibles. En este contexto, el jugador interactúa principalmente a través de sticks análogos para desplazamiento y orientación de cámara, gatillos para acciones principales y botones adicionales para acciones secundarias, configurando una dinámica de coordinación bimanual típica del género.

El desarrollo del sistema se apoyó en el proyecto *FPS Sample* de Unity como base técnica, principalmente en lo relativo a prefabs, controladores de personaje y componentes fundamentales del género FPS. No obstante, el diseño del juego experimental, la estructuración de escenarios, la definición de situaciones evaluativas y la implementación de la lógica de interacción fueron desarrollados específicamente para este estudio. El proyecto base incluía un conjunto de elementos técnicos reutilizables.

El entorno fue estructurado intencionalmente en escenarios específicos diseñados para exponer situaciones representativas del género FPS que demandan precisión y coordinación motora, tales como desplazamiento bajo presión, apuntado fino, interacción con obstáculos y ejecución simultánea de múltiples acciones. Esta estructuración permitió analizar de manera segmentada distintos componentes del **dominio inicial** del gamepad, facilitando posteriormente la implementación de asistencias adaptativas asociadas a cada dimensión.

De este modo, el entorno base no constituye únicamente un soporte técnico, sino un marco controlado dentro del cual se diseñó, implementó y evaluó el sistema adaptativo propuesto.

3.2 Diseño del entorno experimental

El videojuego desarrollado para este estudio no corresponde a un producto comercial ni a una adaptación superficial de un proyecto existente, sino a un entorno experimental diseñado específicamente, como instrumento de medición del desempeño motor en fase inicial con gamepad.

Si bien el proyecto *FPS Sample* de Unity proporcionó la base técnica inicial —incluyendo controladores de personaje, sistema de cámara y estructura básica de interacción— la

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

arquitectura del recorrido, la secuencia de escenarios y la definición de situaciones evaluativas fueron diseñadas íntegramente para este estudio. El objetivo no fue construir una experiencia narrativa tradicional, sino estructurar un entorno controlado que permitiera exponer de manera sistemática distintas demandas motoras representativas del género FPS.

El diseño del entorno se apoya en un enfoque de desarrollo orientado a la experiencia del jugador, donde el prototipado y la iteración permiten refinar mecánicas, niveles y retroalimentación en función de objetivos de jugabilidad y evaluación (Fullerton, 2018).

El entorno fue organizado en una secuencia fija de situaciones, cada una orientada a evaluar una dimensión específica del dominio del control, tales como orientación, trayectoria aérea, aterrizaje, estabilidad lateral, evasión de obstáculos, precisión de apuntado y multitarea. Esta organización permitió aislar inicialmente cada componente motor y, posteriormente, analizar su integración en contextos de mayor complejidad.

Con el fin de evitar que el rendimiento inicial estuviera influenciado exclusivamente por desconocimiento del entorno o de las mecánicas básicas, el juego incluyó una fase inicial de adaptación y familiarización no evaluada. En esta etapa, los participantes pudieron explorar los controles y comprender la dinámica general antes de iniciar la sección formalmente registrada para análisis.

El orden de las situaciones fue idéntico para todos los participantes, asegurando consistencia estructural entre sesiones.

En conjunto, el videojuego funcionó como un sistema de evaluación progresiva estructurado, donde cada sección cumplía una función específica dentro del modelo de análisis del dominio del gamepad. De este modo, el diseño del entorno no constituye únicamente un soporte técnico, sino una herramienta metodológica central para la investigación.

Secuencia estructural de la experiencia de juego

El entorno experimental se organiza en una secuencia fija de etapas que distinguen explícitamente entre una fase inicial no evaluada y una fase posterior de registro formal de métricas.

Fase inicial no evaluada

La experiencia comienza con un segmento introductorio compuesto por:

- 1. Inicio e instrucciones básicas.**

Se presentan indicaciones mínimas sobre desplazamiento, salto, disparo y uso del jetpack, permitiendo al jugador comprender los controles fundamentales.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

2. Puesta en práctica breve del tutorial.

El jugador ejecuta acciones básicas en un entorno de baja complejidad, sin registro de métricas, con el objetivo de reducir el efecto de desconocimiento inicial.

3. Familiarización con el jetpack y movimiento aéreo.

Se permite experimentar libremente el desplazamiento vertical y la estabilidad en el aire antes de iniciar la sección formalmente evaluada.

Durante esta fase no se registran métricas ni se activa el sistema adaptativo, ya que su finalidad es exclusivamente de adaptación inicial al entorno y al esquema de control.



Imagen 1: Primera situación del juego donde se debe eliminar a un enemigo

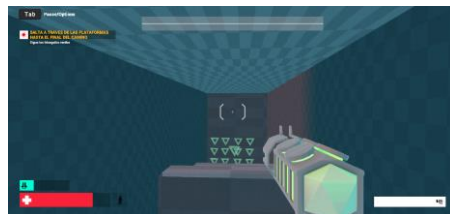


Imagen 2: Situación de campo abierto para familiarizarse con Jetpack

Fase evaluada con registro de métricas

Una vez finalizada la etapa de familiarización, comienza la sección experimental propiamente tal, en la cual se registran métricas y puede activarse el sistema adaptativo. Esta fase incluye:

1. Salto preciso entre plataformas con jetpack.

Evalúa trayectoria aérea, precisión de aterrizaje y control direccional.

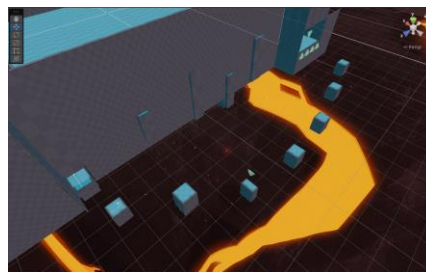


Imagen 3: Escenario de salto preciso entre plataformas

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

2. Zona de oleadas de enemigos.

Evalúa orientación, estabilidad de apuntado y coordinación de disparo.

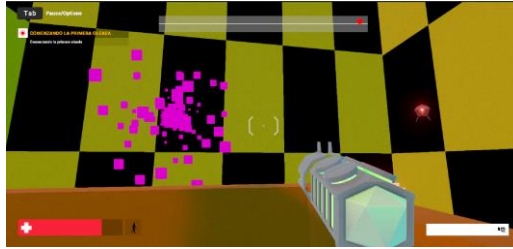


Imagen 4: Escenario de zona de oleadas

3. Plataforma móvil con evasión de obstáculos.

Evalúa estabilidad lateral, microcorrecciones y control fino del movimiento.

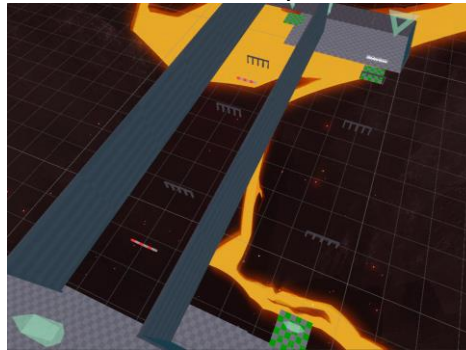


Imagen 5: Escenario de evasión de obstáculos

4. Zona de multitasking.

Integra desplazamiento, evasión y combate simultáneo, aumentando la carga cognitiva y la demanda de control coordinado.

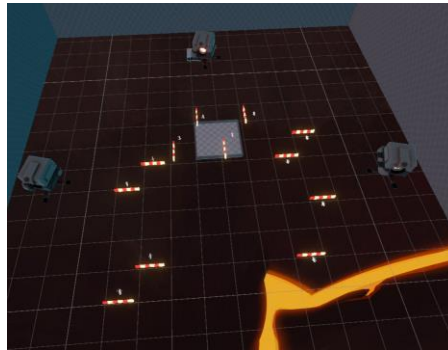


Imagen 6: Escenario de multitarea

La secuencia es idéntica para todos los participantes, garantizando consistencia experimental entre sesiones.

3.3 Arquitectura general del sistema adaptativo

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

El sistema JUANES fue integrado dentro del juego experimental desarrollado para este estudio, funcionando como un subsistema adaptativo encargado de observar, interpretar y responder al desempeño motor del jugador en tiempo real. Desde el punto de vista arquitectónico, el sistema se diseñó bajo una estructura modular que separa claramente la captura de datos, el análisis del desempeño y la activación de asistencias.

La arquitectura se organiza en tres niveles funcionales principales: (1) registro y procesamiento de telemetría, (2) modelo de evaluación del dominio del gamepad y (3) módulo de activación adaptativa.

El primer nivel corresponde a la instrumentación del juego para capturar información en tiempo real sobre el comportamiento del jugador durante la interacción. Este módulo registra variables relacionadas con estabilidad del apuntado, desplazamiento, correcciones, tiempos de reacción, eventos de impacto y desempeño en situaciones específicas del entorno. La telemetría generada constituye la base cuantitativa sobre la cual opera el sistema adaptativo.

El segundo nivel corresponde al modelo de evaluación, encargado de interpretar los datos capturados y transformarlos en indicadores que reflejan el grado de dominio del control en distintas dimensiones motoras. El sistema únicamente analiza patrones de ejecución con el fin de detectar inestabilidad, dificultad persistente o progreso en el desempeño.

El tercer nivel corresponde al módulo de activación adaptativa. Este componente utiliza los indicadores generados por el modelo de evaluación para determinar si corresponde activar, mantener o desactivar asistencias específicas dentro del entorno. La activación no opera de manera permanente ni global, sino contextual y progresiva, respondiendo a patrones detectados durante la interacción del jugador.

Un principio central de la arquitectura es la preservación de la estructura original del juego experimental. Las asistencias no alteran la inteligencia artificial, el daño, la velocidad de enemigos ni otros parámetros estructurales del desafío, sino que actúan exclusivamente en el ámbito de la interfaz y la retroalimentación visual/auditiva. Esta separación permite evaluar el impacto del sistema adaptativo manteniendo constante la dificultad intrínseca del entorno.

En conjunto, la arquitectura de JUANES puede entenderse como un sistema de observación y mediación que opera sobre la interacción jugador–control–entorno.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

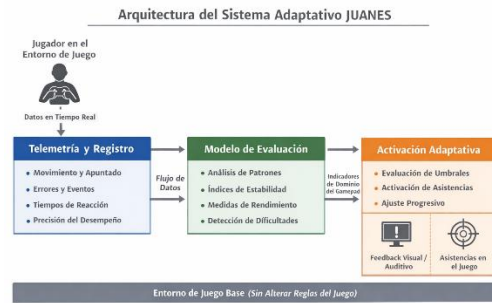


Figura 3: Arquitectura del sistema adaptativo JUANES, mostrando el flujo de datos desde la telemetría en tiempo real hasta la activación de asistencias adaptativas.

3.4 Modelo de evaluación del dominio del gamepad

El núcleo del sistema JUANES radica en la capacidad de evaluar de manera operativa el dominio del gamepad durante la interacción. Para ello, fue necesario conceptualizar el “dominio del control” no como una cualidad abstracta, sino como un conjunto de dimensiones observables y medibles a partir del comportamiento motor del jugador.

En el contexto del presente estudio, el dominio del gamepad se entiende como la capacidad del jugador para ejecutar acciones de desplazamiento, orientación y precisión de forma estable, consistente y eficiente dentro de las situaciones planteadas por el juego. Esta definición implica que el dominio no se limita al resultado final (por ejemplo, eliminar un enemigo), sino que considera la calidad de la ejecución motora que conduce a dicho resultado.

A partir de esta conceptualización, el modelo de evaluación se estructuró en dimensiones específicas asociadas a patrones recurrentes de interacción en videojuegos FPS. Estas dimensiones incluyen, entre otras, estabilidad en la orientación de cámara, precisión en el apuntado, control del desplazamiento, calidad de aterrizaje, capacidad de anticipación frente a obstáculos y regulación en situaciones de multitarea.

Cada dimensión se operacionaliza mediante métricas cuantitativas obtenidas a partir de la telemetría del sistema. Estas métricas no evalúan únicamente el éxito o fracaso de una acción, sino variables intermedias. Este enfoque permite distinguir entre un desempeño exitoso pero inestable y uno estable y consolidado.

El modelo de evaluación opera de manera continua durante la interacción, generando indicadores actualizados que reflejan el estado del jugador en cada dimensión. Estos indicadores no constituyen una calificación explícita visible para el usuario, sino un insumo interno para el sistema de activación adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Un principio fundamental del modelo es la independencia respecto de los resultados del juego. El dominio del control no se infiere exclusivamente a partir de eventos como derrotas o impactos recibidos, sino a partir de la calidad del movimiento ejecutado. Esta decisión permite evitar que el sistema confunda dificultad del entorno con dificultad en la ejecución motora.

En consecuencia, el modelo de evaluación del dominio del gamepad actúa como un puente entre la telemetría y la activación adaptativa, transformando datos de interacción en indicadores interpretables que orientan la intervención del sistema.

Registro y almacenamiento de métricas

El registro de métricas se realiza mediante módulos independientes asociados a cada dimensión evaluada. Cada pilar del dominio del gamepad cuenta con un componente específico de captura (MetricsLogger), el cual procesa en tiempo real las variables derivadas de la interacción del jugador.

Estos módulos operan durante la fase experimental. Las métricas se generan dentro del ciclo de actualización del juego y se almacenan automáticamente en archivos estructurados por sesión.

Cada sesión produce un conjunto de archivos identificados por participante y condición experimental (base o adaptativa), permitiendo su posterior análisis estadístico. El sistema de registro no interfiere con la experiencia del jugador y funciona de manera transparente durante la ejecución del entorno evaluado.

3.5 Sistema de detección en tiempo real

El sistema de detección en tiempo real constituye el componente encargado de identificar patrones de inestabilidad o dificultad durante la interacción del jugador con el gamepad. A diferencia del modelo de evaluación conceptual descrito en la sección anterior, este módulo opera directamente sobre los datos capturados en cada ciclo de actualización del juego, permitiendo un análisis continuo del comportamiento motor. Este enfoque se alinea con modelos de análisis dinámico del rendimiento utilizados en sistemas de adaptación interactiva y evaluación conductual en videojuegos (Hunicke, 2005).

La detección se basa en el procesamiento de variables derivadas de la telemetría cruda, tales como variaciones angulares en la orientación de cámara, cambios abruptos en la dirección del desplazamiento, frecuencia de correcciones sucesivas, desviación respecto a trayectorias esperadas y tiempos de reacción frente a eventos específicos. Estas variables se analizan mediante ventanas temporales móviles, lo que permite identificar patrones. El uso de ventanas temporales es fundamental para evitar activaciones reactivas ante errores puntuales, coherente con enfoques de modelamiento de desempeño motor que priorizan tendencias sobre eventos discretos (Schmidt & Lee, 2011). El sistema evalúa tendencias

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

dentro de intervalos definidos, detectando comportamientos recurrentes que indiquen dificultad sostenida.

Asimismo, el sistema incorpora umbrales de activación definidos para cada dimensión evaluada. Estos umbrales no representan criterios absolutos de éxito o fracaso, sino límites operativos que indican cuándo una variable excede niveles estables para la fase inicial del aprendizaje. Esta aproximación es consistente con la teoría de la carga cognitiva, que establece que el rendimiento decrece cuando la demanda supera la capacidad de procesamiento disponible (Sweller, 1988). La detección no opera de manera binaria, sino que considera grados de intensidad en la dificultad observada, permitiendo una interpretación gradual del estado del jugador.

En conjunto, el sistema de detección en tiempo real actúa como el mecanismo de interpretación dinámica que traduce la interacción del jugador en señales de posible intervención adaptativa. Este proceso se ejecuta de manera transparente para el usuario y sin alterar la lógica central del juego, manteniendo coherencia con el principio de preservación del desafío estructural.

3.6 Modelo de activación adaptativa

El modelo de activación adaptativa constituye el mecanismo de decisión del sistema JUANES. Su función es determinar, en función de los indicadores generados por el modelo de evaluación y del análisis en tiempo real, cuándo corresponde activar, mantener o desactivar una asistencia específica dentro del entorno de juego.

A diferencia de sistemas tradicionales de ajuste dinámico de dificultad (Dynamic Difficulty Adjustment), el modelo propuesto no modifica parámetros estructurales del juego, sino que regula la presencia e intensidad de mecanismos de retroalimentación. Este enfoque se diferencia de los modelos clásicos de ajuste de dificultad descritos por Hunnicke (2005), en los cuales se alteran variables del entorno o del enemigo, optando en cambio por una intervención centrada en la retroalimentación y no en la alteración del desafío.

La activación se basa en la detección de patrones persistentes de inestabilidad dentro de cada dimensión evaluada. El modelo opera mediante una lógica condicional basada en umbrales definidos para cada dimensión del dominio del control. Cuando un indicador supera consistentemente un rango de estabilidad previamente establecido, el sistema interpreta que el jugador está experimentando una dificultad sostenida y activa la asistencia correspondiente. Esta activación puede implicar la aparición de señales visuales, ajustes en retroalimentación auditiva o refuerzos hápticos diseñados para guiar la ejecución motora, coherente con principios de retroalimentación aumentada en aprendizaje motor (Schmidt & Lee, 2011).

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Un elemento central del modelo es su carácter progresivo. La activación no se produce de manera abrupta ni binaria, sino que puede escalar en intensidad dependiendo de la persistencia del patrón detectado. Del mismo modo, cuando el desempeño del jugador retorna a niveles estables durante un periodo determinado, el sistema reduce gradualmente la asistencia hasta desactivarla completamente. Este mecanismo de “apagado automático” evita la dependencia continua y se alinea con la literatura sobre guidance hypothesis, que advierte que una asistencia constante puede interferir con la consolidación del proceso de aprendizaje motor (Wulf, 2013).

Asimismo, el modelo incorpora independencia dimensional. Cada pilar del sistema puede activarse o desactivarse de forma autónoma, según los indicadores específicos asociados a esa dimensión. De este modo, un jugador puede requerir apoyo en estabilidad de apuntado, pero no en control de desplazamiento, permitiendo una intervención localizada y contextual.

Los valores de activación utilizados por el sistema fueron definidos a partir de pruebas preliminares con usuarios de distintos niveles de experiencia, lo que permitió establecer rangos operativos diferenciados de estabilidad motora. No obstante, la lógica de activación se mantiene constante durante la evaluación experimental, garantizando consistencia entre participantes.

En conjunto, el modelo de activación adaptativa permite que el sistema funcione como un mediador dinámico del aprendizaje, ajustando la presencia de asistencias en función del estado actual del jugador y buscando mantener un equilibrio entre desafío y competencia percibida, condición fundamental para la experiencia de Flow (Csikszentmihalyi, 1990).

La aplicación del sistema adaptativo se restringe exclusivamente a la fase experimental evaluada del juego. Durante la etapa inicial de instrucciones y familiarización no se registran métricas ni se activan asistencias, con el fin de evitar intervenciones prematuras y permitir una adaptación natural al esquema de control.

Dentro de la fase evaluada, la activación adaptativa se produce únicamente cuando los indicadores superan los umbrales definidos para cada dimensión y el patrón de dificultad se mantiene de forma sostenida en el tiempo. No se activan asistencias ante errores aislados ni durante transiciones entre zonas.

En la condición base del experimento, el sistema de detección permanece operativo para registro, pero no se ejecuta ninguna intervención adaptativa, garantizando que las mecánicas estructurales del juego se mantengan idénticas entre condiciones.

De este modo, la adaptación se aplica de manera contextual, progresiva y limitada a situaciones donde se identifica dificultad sostenida.

Capítulo 4 – Diseño e Implementación de las Asistencias

El sistema JUANES organiza la intervención adaptativa en pilares funcionales, cada uno asociado a una dimensión específica del dominio del gamepad en videojuegos FPS. Esta estructuración permite segmentar el análisis del control en componentes diferenciados, facilitando tanto la evaluación como la activación contextual de asistencias. Estos pilares corresponden a las dimensiones previamente derivadas y justificadas teóricamente en la Sección 2.5, donde se fundamenta su origen conceptual a partir de modelos de aprendizaje motor, regulación perceptual y carga cognitiva.

La organización general de los pilares se presenta en la Tabla 1.

Pilar	Dimensión funcional abordada	Métricas principales	Tipo de asistencia	Nivel de intervención
Orientation	Estabilidad angular y reorientación visoespacial	Variabilidad angular, tiempo fuera de objetivo, reorientaciones	Señalización visual y referencia espacial	Perceptual
Trajectory	Regulación direccional del movimiento	Curvatura, zigzag, desviación, trayectoria	Visualización anticipada y guía de dirección	Perceptual-motora
Landing	Regulación vertical y desaceleración	Velocidad impacto, error aterrizaje	Feedback audiovisual por aterrizaje	Resultado
Movement	Estabilidad lateral continua	Desviación lateral, estabilidad continua	Modulación visual ambiental	Perceptual
Obstacles	Integración visomotora bajo restricción espacial	Tasa de colisiones, evasión	Sin asistencia directa (evaluativo)	Evaluativo
Jitter	Control fino del joystick (apuntado)	Microfluctuaciones, oscilación fina	Indicadores visual de estabilidad y carga cognitiva	Perceptual y Regulación carga
Multitasking	Coordinación integrada bajo carga cognitiva	Métricas compuestas de pilares previos	Modulación sonoro-ambiental adaptativa	Regulación carga

Tabla 1: Clasificación de los pilares del sistema adaptativo JUANES según su grupo funcional y la dimensión motora o cognitiva que interviene en el proceso de aprendizaje y dominio del gamepad.

Principios generales de diseño adaptativo

El sistema JUANES implementa la mediación adaptativa bajo un conjunto de principios transversales que se aplican a todos los pilares funcionales. En primer lugar, las asistencias no alteran las reglas del juego ni modifican la física del entorno, sino que operan a nivel perceptual o de retroalimentación contextual. En segundo lugar, la activación de cada pilar se basa en métricas evaluadas dentro de ventanas temporales móviles (en base a umbrales definidos), lo que permite detectar patrones sostenidos de inestabilidad y evitar respuestas ante errores aislados.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Asimismo, la intensidad de las asistencias se incrementa o reduce de manera progresiva según el desempeño observado, buscando mantener coherencia con el nivel del jugador y evitar sobreasistencia. Este enfoque permite que la mediación adaptativa actúe como regulación contextual del desempeño durante la interacción, sin automatizar tareas ni sustituir la ejecución motora del usuario.

4.1 Pilar 0 – Orientation

Dentro del grupo funcional asociado al control aéreo y orientación espacial, el pilar Orientation aborda la dimensión fundamental de estabilidad en la orientación de cámara mediante el stick análogo derecho. Esta dimensión constituye uno de los primeros desafíos motores para jugadores novatos en videojuegos FPS, ya que exige regulación fina del movimiento angular y control preciso de la alineación visual.

Problema motor específico

En jugadores con baja experiencia en el uso del gamepad, la orientación de cámara suele caracterizarse por sobrecorrecciones, oscilaciones alrededor del objetivo y dificultad para mantener la mira estable sobre un punto determinado. Estas conductas reflejan alta variabilidad motora, propia de etapas iniciales del aprendizaje.

La dificultad radica en modular la intensidad y duración del movimiento del stick. La falta de estabilidad genera una experiencia de descontrol que puede interferir con la percepción de competencia descrita en el marco teórico.

En el juego experimental desarrollado, esta dimensión se expone en situaciones que requieren alineación precisa hacia plataformas objetivo.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Orientation se basa en indicadores derivados del comportamiento angular de la cámara. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Desviación angular respecto al objetivo.
- Frecuencia de microcorrecciones por segundo.
- Variabilidad angular dentro de ventanas temporales móviles.
- Tiempo requerido para alcanzar alineación estable.
- Permanencia dentro de un rango angular de estabilidad.

Asistencias implementadas

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Las asistencias diseñadas para este pilar operan exclusivamente a nivel de retroalimentación visual contextual, sin alterar sensibilidad, velocidad de cámara ni parámetros estructurales del entorno.

Entre los mecanismos implementados se incluyen:

- Pulso visual en la plataforma objetivo, facilitando su identificación espacial.
- Anillo de alineación alrededor de la mira, que comunica implícitamente proximidad angular adecuada.



Imagen 7: Activación del sistema de alineación visual adaptativa en situación de orientación hacia objetivo.

Estas señales proporcionan retroalimentación de tipo *knowledge of performance*, informando sobre la calidad y predicción del movimiento sin corregirlo automáticamente.

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Orientation se produce cuando los indicadores de variabilidad angular superan de forma sostenida los umbrales definidos para estabilidad inicial. El sistema analiza patrones dentro de una ventana temporal deslizante, evitando respuestas ante errores aislados.

El objetivo del pilar Orientation no es facilitar artificialmente la alineación, sino reducir la incertidumbre inicial asociada al control fino del stick.

4.2 Pilar 1 – Trajectory

Dentro del grupo funcional asociado al control aéreo y orientación espacial, el pilar Trajectory aborda la regulación del desplazamiento en el espacio, particularmente en situaciones donde el jugador debe controlar su movimiento aéreo mediante el uso combinado del stick izquierdo (dirección) y la orientación de cámara.

A diferencia del pilar Orientation, que se centra en estabilidad angular, Trajectory evalúa la capacidad del jugador para modular su desplazamiento de manera consistente.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Problema motor específico

En jugadores novatos, el desplazamiento aéreo suele caracterizarse por alta variabilidad direccional, dificultad para anticipar el punto de aterrizaje y descoordinación entre orientación de cámara y dirección de movimiento. Esto se traduce en trayectorias inestables que incrementan la carga cognitiva y reducen la percepción de control.

En el juego experimental, esta dimensión se expone principalmente durante saltos entre plataformas, donde el jugador debe ajustar dirección en tiempo real para alcanzar un punto específico.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Trajectory se basa en indicadores que describen la estabilidad y eficiencia del desplazamiento. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Desviación lateral respecto a una trayectoria óptima estimada.
- Número de cambios bruscos de dirección durante el desplazamiento.
- Índice de zigzag (variabilidad acumulada en eje lateral).
- Curvatura normalizada de la trayectoria.
- Tiempo total de ajuste antes de estabilizar dirección.

Estas métricas permiten distinguir entre trayectorias directas y consolidadas frente a desplazamientos erráticos con múltiples correcciones sucesivas.

Asistencias implementadas

El principal mecanismo implementado corresponde a la visualización de la trayectoria pasada del jugador, representada mediante una estela o trazo que refleja el recorrido reciente. Esta visualización permite al jugador tomar conciencia de patrones de zigzag o desvío excesivo, facilitando el ajuste progresivo del control.



Imagen 8: Visualización de la trayectoria aérea del intento fallido anterior.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Trajectory se produce cuando los indicadores de variabilidad lateral y curvatura superan de manera sostenida los umbrales definidos para estabilidad inicial. El análisis se realiza mediante ventanas temporales móviles, evitando activaciones ante oscilaciones breves o aisladas.

El pilar Trajectory contribuye a reducir la incertidumbre asociada al control del desplazamiento continuo en el espacio, permitiendo que el jugador internalice progresivamente patrones más eficientes de movimiento.

4.3 Pilar 2 – Landing

Dentro del grupo funcional asociado al control aéreo y orientación espacial, el pilar Landing aborda la calidad de ejecución del aterrizaje tras un desplazamiento aéreo. Esta dimensión evalúa la capacidad del jugador para regular la velocidad vertical y estabilizar el movimiento al momento del contacto con la superficie.

A diferencia de los pilares anteriores, Landing se centra en el momento final de la acción, donde la coordinación temporal y el control fino del movimiento resultan determinantes.

Problema motor específico

En jugadores novatos, el aterrizaje suele caracterizarse por entradas bruscas, exceso de velocidad vertical o desestabilización posterior al contacto con la plataforma.

El problema motor no radica únicamente en alcanzar la plataforma, sino en regular la transición entre movimiento aéreo y desplazamiento terrestre. La falta de control en esta fase refleja dificultades en la anticipación temporal y en la modulación del input direccional previo al contacto.

En el entorno experimental, esta dimensión se expone en saltos entre plataformas donde la precisión del punto de caída, la suavidad del aterrizaje, y la calidad de este, influyen en la continuidad.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Landing se basa en indicadores vinculados a la calidad del contacto con la superficie. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Velocidad vertical al momento del impacto.
- Desviación respecto al centro de la plataforma.
- Tiempo de estabilización posterior al contacto.
- Número de correcciones inmediatas tras el aterrizaje.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Presencia de rebotes o desalineaciones bruscas.

Estas métricas permiten diferenciar entre un aterrizaje controlado y uno ejecutado con pérdida temporal de estabilidad.

Asistencias implementadas

Las asistencias en este pilar operan a través de retroalimentación visual y auditiva. Entre los mecanismos implementados se incluyen:

- Feedback visual diferenciado según la calidad de la entrada (por ejemplo, variación en intensidad o color).
- Señal auditiva asociada a aterrizajes suaves versus bruscos.
- Sacudida visual y vibración tras un aterrizaje brusco, intensificándose proporcionalmente a la magnitud del impacto.

Desde el diseño de interacción, la visibilidad del estado del sistema, el feedback inmediato y la reducción del costo del error son principios clave para sostener la comprensión y la sensación de control durante la ejecución (Norman, 2013).

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Landing se produce cuando se detectan patrones repetidos de entradas bruscas o tiempos prolongados de estabilización (superando los umbrales).

El pilar Landing contribuye a la regulación temporal del movimiento y la transición entre fases aéreas y terrestres.

4.4 Pilar 3 – Movement

Dentro del grupo funcional asociado a la coordinación dinámica de desplazamiento, el pilar Movement aborda la estabilidad lateral y el control continuo del movimiento en superficie.

Esta dimensión resulta especialmente relevante en situaciones donde el jugador debe mantener equilibrio direccional sobre plataformas móviles o superficies que requieren ajustes constantes de posición.

Problema motor específico

En jugadores novatos, el desplazamiento continuo suele caracterizarse por oscilaciones laterales excesivas, cambios abruptos de dirección y dificultad para mantener una trayectoria estable sobre superficies en movimiento. Estas conductas reflejan desregulación en la modulación del input direccional del stick izquierdo.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En el entorno experimental desarrollado, esta dimensión se evalúa en una situación específica donde el jugador se desplaza sobre una plataforma móvil que realiza un recorrido continuo. Durante este trayecto, el jugador debe mantener estabilidad lateral mientras anticipa y esquiva obstáculos que aparecen en su trayectoria, cuando viaja sobre una plataforma.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Movement se basa en indicadores que describen la estabilidad lateral del desplazamiento. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Desviación lateral promedio respecto al centro de la plataforma.
- Variabilidad acumulada en el eje horizontal.
- Frecuencia de cambios abruptos de dirección.
- Tiempo fuera de zona de estabilidad definida.
- Índice de oscilación lateral por unidad de tiempo.

Estas métricas permiten identificar patrones de zigzag persistente o dificultad para mantener posición estable en movimiento continuo.

Asistencias implementadas

Las asistencias diseñadas para este pilar operan mediante retroalimentación visual contextual. Entre los mecanismos implementados se incluyen:

- Piso adaptativo cuya inclinación visual se modula en función de la dirección de inestabilidad detectada.
- Modulación cromática de la plataforma, que transita progresivamente hacia tonalidades rojizas cuando se detecta inestabilidad sostenida.
- Inclinación sutil de cámara, aplicada proporcionalmente a la dirección de desviación, amplificando perceptualmente la sensación de desequilibrio.



Imagen 9: Comparación de estabilidad lateral en el Pilar 3 – Movement, con Desplazamiento dentro del rango estable, sin activación de retroalimentación adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

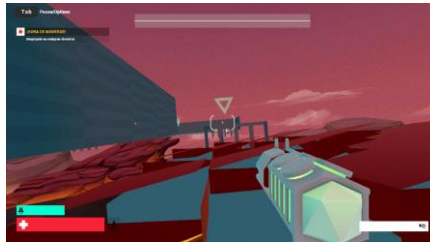


Imagen 10: Comparación de estabilidad lateral en el Pilar 3 – Movement, con Desplazamiento dentro del rango estable, sin activación de retroalimentación adaptativa.

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Movement se produce cuando los indicadores de oscilación lateral superan de manera sostenida los umbrales definidos para estabilidad inicial.

El pilar Movement contribuye al fortalecimiento del control postural dinámico en entornos interactivos. Al comunicar visualmente la estabilidad lateral, el sistema favorece la internalización de patrones más consistentes de desplazamiento continuo.

4.5 Pilar 4 – Obstacles

Dentro del grupo funcional asociado a la coordinación dinámica de desplazamiento, el pilar Obstacles aborda la anticipación espacial y la regulación del movimiento frente a estímulos emergentes en el entorno.

En el entorno experimental desarrollado, esta dimensión se evalúa en una situación específica donde el jugador se desplaza sobre una plataforma móvil que recorre un trayecto predeterminado (igual que Pilar 3 -Movement) mientras aparecen obstáculos en su trayectoria. Estos pueden requerir regulación vertical (pasar por debajo o por encima) o ajuste lateral preciso para evitar colisión.

Problema motor específico

En jugadores novatos, la presencia de obstáculos incrementa la carga cognitiva y la presión temporal, generando respuestas motoras abruptas o tardías. Es frecuente observar sobrecorrecciones laterales, saltos anticipados sin regulación adecuada o fallas en la sincronización temporal del movimiento.

El desafío no radica únicamente en identificar el obstáculo, sino en integrar percepción espacial, toma de decisión y ejecución motora en un intervalo reducido de tiempo. Esta integración exige coordinación viso-motora fina bajo condiciones dinámicas.

Métricas asociadas

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

La evaluación del dominio en Obstacles se basa en indicadores que describen la capacidad de regulación frente a eventos emergentes. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Tasa de colisión con obstáculos.
- Tiempo de reacción ante aparición del estímulo.
- Desviación lateral previa al contacto.
- Frecuencia de correcciones abruptas durante la evasión.
- Consistencia en la elección de estrategia (por ejemplo, paso superior o inferior).

Estas métricas permiten observar si el jugador logra integrar estabilidad previa (Pilar 3 - Movement) con toma de decisión efectiva en contexto dinámico.

Rol del pilar dentro del sistema

El pilar Obstacles cumple una función evaluativa y contextual dentro del sistema JUANES. Su objetivo no es entrenar una habilidad aislada, sino observar cómo el dominio progresivo del control —desarrollado en pilares anteriores— se manifiesta en situaciones de mayor complejidad perceptual y temporal.

Justificación de ausencia de asistencia adaptativa

A diferencia de otros pilares del sistema, Obstacles no incorpora mecanismos de asistencia adaptativa directa. Esta decisión responde a criterios metodológicos y conceptuales.

Cualquier intervención explícita en esta dimensión podría interpretarse como guía sobre la acción a realizar, alterando la toma de decisiones del jugador y modificando la estructura del desafío. Dado que el objetivo del proyecto es fortalecer la competencia motora sin intervenir en la dificultad intrínseca del juego, se optó por mantener este pilar libre de ayudas directas.

4.6 Pilar 5 – Jitter

Dentro del grupo funcional asociado a la precisión fina de apuntado, el pilar Jitter aborda la estabilidad micro-motora del retículo durante tareas de alineación y disparo. Este pilar evalúa las microcorrecciones involuntarias y oscilaciones de alta frecuencia que afectan la precisión final.

Esta dimensión resulta especialmente relevante en videojuegos FPS, donde pequeñas variaciones en el control del stick análogo pueden traducirse en pérdida de precisión y frustración perceptiva.

Problema motor específico

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En jugadores novatos, el apuntado suele caracterizarse por microcorrecciones excesivas, oscilaciones rápidas alrededor del objetivo y dificultad para mantener el retículo estable durante intervalos breves. Estas fluctuaciones no siempre son perceptibles de manera consciente, pero impactan directamente en la precisión del disparo y en la percepción de control fino.

El problema motor en esta dimensión no radica en identificar el objetivo ni en orientar la cámara hacia él, sino en estabilizar el movimiento una vez alcanzada la alineación general. Esta fase exige control fino, modulación suave del stick análogo y regulación precisa de la tensión motora.

En el entorno experimental desarrollado, esta dimensión se evalúa en una situación específica donde el jugador permanece sobre una plataforma suspendida en el aire mientras enemigos aparecen y se desplazan alrededor en oleadas sucesivas. En esta condición, el jugador debe concentrarse exclusivamente en la precisión del disparo.

Esta configuración experimental permite aislar la dimensión de control fino del apuntado, reduciendo interferencias provenientes de otras demandas motoras. Al eliminar demandas de movimiento continuo, esta situación permite evaluar de forma más precisa la capacidad de estabilización fina del stick análogo derecho.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Jitter se basa en indicadores que describen la estabilidad micro-angular del retículo. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Desviación angular promedio respecto al objetivo en microintervalos.
- Frecuencia de microcorrecciones por segundo.
- Variabilidad angular dentro de ventanas temporales cortas.
- Tiempo continuo de estabilidad dentro de un rango reducido.
- Índice de fluctuación angular acumulada.

Estas métricas permiten distinguir entre una alineación estable y un apuntado caracterizado por oscilación constante.

Asistencias implementadas

Las asistencias en el pilar Jitter operan mediante retroalimentación visual diseñada para hacer perceptible la estabilidad o inestabilidad del apuntado sin alterar sensibilidad ni aplicar corrección automática.

Los mecanismos implementados incluyen:

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Termómetro de estabilidad del apuntado, que refleja en tiempo real el nivel de variabilidad micro-angular.
- Huella de corrección del retículo, que visualiza el patrón reciente de microcorrecciones, permitiendo al jugador observar la oscilación acumulada.
- Modulación sutil de elementos visuales cuando la inestabilidad supera umbrales definidos.

Estas señales funcionan como retroalimentación de *knowledge of performance*, aumentando la conciencia sobre la calidad del control fino sin intervenir directamente en la ejecución.

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Jitter se produce cuando los indicadores de fluctuación micro-angular superan de manera sostenida los umbrales definidos para estabilidad fina.

El pilar Jitter contribuye al fortalecimiento del control motor fino y la estabilización del apuntado en tareas de precisión. Al hacer visible la variabilidad micro-angular, el sistema incrementa la conciencia sobre patrones de tensión o sobrecorrección que pueden pasar inadvertidos.

4.7 Pilar 6 – Multitasking

Dentro del grupo funcional asociado a la regulación bajo carga cognitiva, el pilar Multitasking aborda la capacidad del jugador para coordinar múltiples demandas motoras y atencionales de manera simultánea. A diferencia de los pilares anteriores, donde el control fino se evalúa en aislamiento, Multitasking reintroduce simultaneidad de tareas, exigiendo integración entre desplazamiento, estabilidad lateral y precisión de disparo.

Problema motor específico

En jugadores novatos, la ejecución simultánea de múltiples tareas suele generar deterioro en la calidad del control motor. La combinación de desplazamiento continuo, anticipación espacial y disparo preciso incrementa la carga cognitiva, provocando aumento en la variabilidad lateral, incremento del jitter y tiempos de reacción más prolongados.

El problema no radica únicamente en realizar cada acción por separado, sino en sostener estabilidad motora mientras se alterna el foco atencional entre distintas demandas. Esta dificultad refleja limitaciones en la automatización del control y en la distribución eficiente de recursos cognitivos.

En el entorno experimental desarrollado, esta dimensión se evalúa en una situación donde el jugador se desplaza sobre una plataforma móvil que realiza un recorrido continuo

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

mientras aparecen enemigos y obstáculos de forma simultánea. El jugador debe mantener estabilidad lateral, anticipar la aparición de obstáculos y ejecutar disparos precisos en movimiento, integrando todas las dimensiones previamente trabajadas en pilares anteriores.

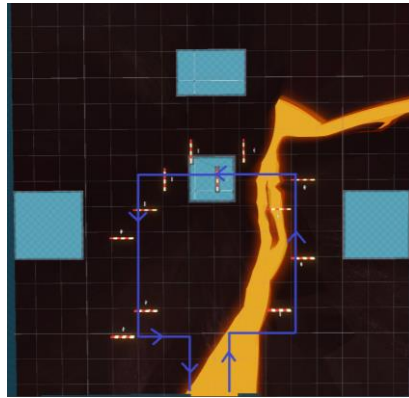


Imagen 11: Vista superior del escenario de evaluación multitarea: plataforma móvil en recorrido cíclico con aparición simultánea de obstáculos y enemigos (Pilar Multitasking).

Esta configuración permite observar cómo se comporta el dominio del control cuando se combinan tareas motoras y perceptuales bajo presión temporal. En este pilar se evalúa la capacidad de coordinación integrada.

Métricas asociadas

La evaluación del dominio en Multitasking se basa en indicadores compuestos que reflejan la interacción entre dimensiones. Entre las métricas consideradas se incluyen:

- Desviación lateral promedio durante disparo.
- Variabilidad micro-angular bajo movimiento continuo.
- Tasa de colisión con obstáculos en presencia de enemigos.
- Tiempo de reacción ante estímulos simultáneos.
- Índice combinado de estabilidad bajo doble demanda.

Estas métricas permiten analizar si la estabilidad lograda en condiciones aisladas se mantiene cuando aumenta la carga cognitiva.

Asistencias implementadas

El pilar Multitasking no introduce nuevas asistencias estructurales específicas, sino que modula de manera sutil variables perceptuales globales en función del nivel de carga detectado.

Entre los mecanismos implementados se incluye:

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Modulación sonora del entorno (variación progresiva de intensidad o pitch) en función de la carga detectada.
- Ajuste sutil de retroalimentación ambiental cuando se identifica sobrecarga persistente.

Estas intervenciones no alteran reglas ni mecánicas, sino que buscan reducir saturación perceptual sin indicar explícitamente qué acción realizar.

Lógica adaptativa del pilar

La activación del soporte adaptativo en Multitasking se produce cuando se detecta deterioro simultáneo en múltiples indicadores (por ejemplo, aumento de desviación lateral junto con incremento de jitter y tiempos de reacción).

Contribución al dominio del control

El pilar Multitasking cumple una función integradora dentro de la arquitectura del sistema, al evaluar el desempeño del jugador bajo condiciones de mayor demanda simultánea. Mientras pilares anteriores permiten observar dimensiones específicas del control (estabilidad lateral, precisión fina u orientación), este escenario exige la coordinación concurrente de múltiples componentes del desempeño motor y perceptual.

A diferencia de otros pilares, Multitasking no introduce asistencias directas que modifiquen la relación entre acción y consecuencia. Su propósito es observar cómo se manifiesta el desempeño bajo incremento de carga cognitiva y perceptual, permitiendo analizar si la estabilidad lograda en dimensiones específicas se mantiene cuando las exigencias del entorno aumentan.

De este modo, Multitasking opera como un contexto de integración funcional dentro de la sesión, donde puede evaluarse la coherencia global del desempeño bajo mediación adaptativa, sin intervenir directamente en la ejecución motora.

Capítulo 5 – Procesamiento de datos y lógica adaptativa del sistema

5.1 Captura de datos y procesamiento en tiempo real

El sistema JUANES opera mediante un modelo de telemetría continua que registra, procesa y evalúa en tiempo real indicadores asociados al desempeño motor del jugador. A diferencia de sistemas que realizan análisis exclusivamente posterior a la sesión, el modelo implementado integra captura y evaluación simultánea, permitiendo que la activación adaptativa responda al comportamiento actual del usuario.

La captura de datos se realiza de manera continua durante la ejecución del juego, registrando variables específicas asociadas a cada dimensión evaluada. Estas variables no se interpretan de forma aislada en un único instante, sino que se analizan dentro de intervalos temporales móviles.

Para ello, el sistema utiliza ventanas temporales deslizantes que permiten observar el comportamiento del jugador durante un periodo reciente determinado. Esta estrategia evita que errores puntuales o fluctuaciones momentáneas generen activaciones innecesarias. En lugar de reaccionar ante un evento aislado, el sistema identifica patrones persistentes de inestabilidad o variabilidad excesiva dentro de un rango temporal continuo.

La distinción entre error puntual y patrón persistente constituye un principio central del procesamiento. Un error puntual puede corresponder a una desviación breve, una microcorrección aislada o una acción tardía específica. En cambio, un patrón persistente se caracteriza por repetición sostenida o variabilidad acumulada que supera rangos considerados estables. Solo en este segundo caso el sistema considera la posibilidad de activar mecanismos adaptativos.

Los umbrales utilizados para determinar estos rangos fueron definidos a partir de análisis exploratorios preliminares realizados en sesiones piloto, que incluyeron jugadores con distintos niveles de experiencia previa en videojuegos. A partir de estas observaciones se identificaron patrones de ejecución consistentemente estables, particularmente en jugadores con mayor dominio del control, los cuales sirvieron como referencia para establecer valores fijos de comparación. Estos umbrales no se recalculan dinámicamente durante la sesión, lo que permite mantener coherencia experimental entre participantes.

Además del procesamiento en tiempo real, el sistema registra todos los indicadores en archivos estructurados (formato CSV), segmentados por intento y por dimensión evaluada. Este registro permite realizar análisis posteriores y contrastar condiciones experimentales sin depender exclusivamente de la evaluación en vivo. Cada pilar opera de manera modular, procesando sus propias métricas de forma independiente antes de integrarse al sistema general de activación.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Este modelo de captura y procesamiento asegura que la intervención adaptativa se base en comportamiento observable sostenido, evitando respuestas impulsivas ante eventos aislados y manteniendo consistencia metodológica entre sesiones.

5.2 Lógica general de activación adaptativa

La activación de mecanismos adaptativos en el sistema JUANES no responde a eventos aislados ni a fluctuaciones momentáneas del desempeño, sino a la detección de patrones sostenidos de inestabilidad que superan umbrales previamente definidos

Cada dimensión evaluada compara sus indicadores procesados en tiempo real con valores de referencia establecidos durante la fase exploratoria preliminar. Cuando una métrica supera el umbral correspondiente dentro de la ventana temporal analizada, el sistema no activa inmediatamente la asistencia. En su lugar, se verifica la persistencia del patrón durante un intervalo adicional, asegurando que la condición observada no corresponda a un error puntual.

Solo cuando la inestabilidad se mantiene, el sistema habilita el mecanismo adaptativo asociado a esa dimensión. Este proceso permite distinguir entre variabilidad normal propia de la ejecución y patrones que reflejan dificultad sostenida.

La activación no es binaria, sino progresiva. Dependiendo de la magnitud y duración de la inestabilidad detectada, el sistema puede incrementar gradualmente la intensidad de la retroalimentación. De este modo, se evita que el jugador experimente cambios abruptos en la interfaz y se favorece una transición suave entre estados.

Un aspecto considerado de manera explícita en el diseño fue el impacto perceptual de introducir elementos nuevos en la interfaz durante la ejecución. La aparición repentina de estímulos visuales o sonoros puede generar distracción y afectar momentáneamente el rendimiento del jugador, produciendo un efecto contrario al objetivo adaptativo. Por esta razón, los mecanismos implementados fueron diseñados para integrarse de manera gradual y proporcional, evitando cambios bruscos o elementos disruptivos que alteraran el foco atencional. Asimismo, se descartaron intervenciones visuales exageradas o intrusivas que pudieran interferir con la toma de decisiones o generar sobrecarga perceptual adicional.

Finalmente, el sistema incorpora un mecanismo de desactivación automática. Cuando los indicadores vuelven a ubicarse dentro de los rangos considerados, la asistencia se reduce progresivamente hasta desaparecer. Este comportamiento reversible evita la dependencia permanente de la retroalimentación adaptativa y refuerza el objetivo central del proyecto: apoyar la consolidación del dominio motor sin sustituir la habilidad del jugador.

Capítulo 6 – Diseño Experimental

6.1 Tipo de estudio

El presente estudio corresponde a un diseño cuasi-experimental entre grupos con medición pre y post intervención. Se conformaron dos grupos de participantes con características similares en términos de experiencia previa y perfil general: un grupo control, que interactuó con el entorno sin activación del sistema adaptativo, y un grupo experimental, que utilizó el juego con el sistema JUANES habilitado.

El objetivo central fue comparar el desempeño motor y la experiencia subjetiva entre ambos grupos, evaluando si la presencia del sistema adaptativo produce mejoras observables en el dominio del gamepad.

Antes de la interacción con el juego, todos los participantes completaron un cuestionario pre-experimental destinado a caracterizar su nivel de experiencia previa con videojuegos y controles análogos. Esta medición permitió estimar la equivalencia inicial entre grupos y describir el perfil de la muestra.

Durante la sesión de juego, el rendimiento de los participantes fue registrado automáticamente mediante el sistema de métricas implementado, generando archivos estructurados (CSV) que contienen indicadores objetivos asociados a cada dimensión evaluada. Estos datos constituyen la base principal para la comparación de desempeño entre condiciones.

Tras finalizar la sesión, los participantes completaron un cuestionario post-experimental orientado a evaluar percepción de competencia, experiencia subjetiva y sensación de dominio del control. De este modo, el diseño permite contrastar tanto resultados objetivos como percepciones subjetivas, proporcionando una evaluación integral del impacto del sistema adaptativo.

Este enfoque metodológico permite analizar diferencias entre condiciones bajo un entorno controlado, manteniendo la dificultad estructural del juego constante entre grupos y variando únicamente la presencia del sistema adaptativo.

6.2 Participantes

La muestra del estudio estuvo compuesta por un total proyectado de 30 participantes, distribuidos en dos grupos de 15 personas cada uno: un grupo control y un grupo experimental. Los participantes tenían edades comprendidas entre 16 y 26 años, correspondientes principalmente a población joven con distintos niveles de experiencia previa en videojuegos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

La asignación a cada grupo se realizó procurando mantener equilibrio en variables básicas como edad y experiencia general reportada en el cuestionario inicial.

La muestra incluyó participantes con distintos niveles de familiaridad con videojuegos, desde usuarios ocasionales hasta jugadores con mayor experiencia en títulos de acción. No se restringió la participación exclusivamente a jugadores novatos, para poder observar posibles diferencias en desempeño según nivel de dominio previo. No se incluyeron jugadores con participación profesional en esports o con práctica intensiva competitiva reciente.

La caracterización detallada de la muestra, incluyendo distribución por experiencia previa y análisis descriptivos iniciales, se presenta en el capítulo de resultados.

6.3 Variables del estudio

El estudio contempló una variable independiente principal, múltiples variables dependientes objetivas y subjetivas, así como una variable moderadora asociada al nivel de experiencia previa del jugador.

Variable independiente

La variable independiente correspondió a la condición del sistema adaptativo, con dos niveles:

- Condición control: entorno de juego sin activación del sistema adaptativo.
- Condición experimental: entorno de juego con el sistema JUANES habilitado.

La dificultad estructural del juego, las reglas, los escenarios y la configuración técnica se mantuvieron constantes entre condiciones, variando únicamente la presencia de retroalimentación adaptativa.

Variables dependientes objetivas

Las variables dependientes objetivas fueron extraídas automáticamente a partir del sistema de métricas implementado en el juego y registradas en archivos estructurados (CSV). Estas métricas reflejan desempeño motor observable durante la interacción, incluyendo a niveles generales:

- Estabilidad.
- Variabilidad.
- Calidad.
- Tasas.
- Tiempos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Indicadores compuestos de desempeño por dimensión.

Estas medidas permiten evaluar el dominio del gamepad desde una perspectiva conductual y cuantificable.

Variables dependientes subjetivas

Las variables dependientes subjetivas fueron obtenidas mediante cuestionarios aplicados antes y después de la sesión experimental.

Entre las dimensiones evaluadas se incluyeron:

- Experiencia previa con videojuegos y controles análogos (pre).
- Percepción de competencia durante la sesión.
- Sensación de control.
- Percepción de dificultad.
- Nivel de frustración.
- Sensación de progreso o mejora.
- Irritabilidad o tensión experimentada durante la sesión.
- Percepción de estabilidad.

Estas dimensiones permiten analizar cómo el sistema adaptativo influye no solo en el rendimiento objetivo, sino también en la experiencia subjetiva del jugador.

Variable moderadora

Se consideró como variable moderadora el nivel de experiencia previa con videojuegos, estimado a partir del cuestionario pre-experimental. Esta variable permite explorar si el efecto del sistema adaptativo difiere según el grado inicial de familiaridad con controles análogos.

Control de fatiga y efectos de aprendizaje

Con el fin de reducir posibles efectos de fatiga o deterioro por saturación, se incorporaron ítems específicos en el cuestionario post-experimental orientados a evaluar irritabilidad, tensión y percepción de carga durante la sesión. Estas mediciones permiten detectar si variaciones en el desempeño podrían atribuirse a factores atencionales o emocionales más que al efecto del sistema adaptativo.

Asimismo, dado que cada participante interactuó únicamente con una de las condiciones, se minimiza el efecto de aprendizaje cruzado entre versiones del sistema.

Hipótesis del estudio

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

A partir del marco teórico y del modelo propuesto, se plantean las siguientes hipótesis contrastables:

- H1: El grupo con sistema adaptativo presentará mejores indicadores objetivos de desempeño durante la interacción, en comparación con el grupo control.
- H2: El grupo con sistema adaptativo reportará mayor percepción de competencia y sensación de control.
- H3: El grupo con sistema adaptativo presentará menor nivel de frustración y menor percepción de inestabilidad.
- H4: El efecto del sistema adaptativo será más pronunciado en participantes con menor experiencia previa.

6.4 Instrumentos (Cuestionarios pre y post + métricas objetivas)

La evaluación del estudio se realizó mediante instrumentos de medición objetiva y subjetiva, permitiendo integrar datos conductuales automáticos con autorreportes de experiencia y percepción.

Sistema de métricas automatizadas

El desempeño cuantitativo fue registrado mediante el sistema interno de telemetría implementado en el entorno de juego. Este sistema genera archivos estructurados en formato CSV que contienen indicadores asociados a cada dimensión evaluada (estabilidad lateral, jitter, calidad de aterrizaje, evasión de obstáculos, entre otros). Estas métricas permiten cuantificar el dominio del gamepad de manera continua y objetiva durante la sesión.

Cuestionario pre-experimental

Antes de la sesión, los participantes completaron un cuestionario orientado a caracterizar su perfil general y nivel de experiencia previa con videojuegos. El instrumento incluyó ítems de caracterización demográfica, frecuencia de juego, experiencia acumulada y familiaridad con FPS y controles tipo gamepad.

Este cuestionario integró dimensiones inspiradas en modelos de caracterización de experiencia en videojuegos (Ryan, Rigby & Przybylski, 2006) y utilizó escalas categóricas ordinales y escalas tipo Likert. Su objetivo principal fue estimar el nivel inicial de experiencia y utilizar esta información como variable moderadora en el análisis.

La clasificación de los participantes en niveles de experiencia (principiante, intermedio, avanzado) se realizó considerando la combinación de frecuencia de juego, años de experiencia acumulada y autopercepción de habilidad.

El instrumento completo se presenta en el Anexo A.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Cuestionario post-experimental

Tras finalizar la sesión, los participantes completaron un cuestionario orientado a evaluar la experiencia subjetiva durante la interacción. Este instrumento se basó en dimensiones del Game Experience Questionnaire (GEQ) (IJsselsteijn, de Kort & Poels, 2013) y del Player Experience of Need Satisfaction (PENS) (Ryan, Rigby & Przybylski, 2006), adaptadas al contexto específico del estudio.

No se aplicaron las escalas completas originales; en su lugar, se seleccionaron y adaptaron ítems vinculados principalmente a percepción de competencia, dominio del control, tensión y frustración.

Los instrumento completo se presentan en el Anexo B.

Los índices subjetivos fueron calculados mediante promedio simple de los ítems asociados a cada dimensión:

- Índice de Competencia: promedio de los ítems asociados a habilidad, competencia, éxito y confianza.
- Índice de Tensión/Frustración: promedio de los ítems asociados a tensión, nerviosismo, irritabilidad y frustración.

Todos los ítems fueron medidos en escala Likert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo)

Si bien los instrumentos subjetivos fueron aplicados a todos los participantes, el análisis cualitativo se centra en el grupo de jugadores novatos. Esta decisión responde a que el objetivo central del proyecto es evaluar si la mediación adaptativa facilita el proceso inicial de dominio del gamepad, etapa donde se concentra la mayor fricción de aprendizaje. En jugadores regulares y expertos, cuyo desempeño ya se encuentra relativamente estabilizado, se espera un impacto marginal o neutro del sistema adaptativo, jugadores los cuales se consideran de forma complementaria para verificar ausencia de sobreasistencia.

Análisis estadístico de significancia

Para comparar la condición Base y Adaptive en cada métrica se utilizó el test no paramétrico de Mann–Whitney U, dado el tamaño muestral reducido y la ausencia de supuestos de normalidad.

En los resultados se reporta el estadístico U, que representa la diferencia en rangos entre ambos grupos; el valor p, que indica la probabilidad de observar una diferencia igual o mayor

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

bajo la hipótesis nula; y el tamaño de efecto r , calculado a partir del estadístico Z , el cual permite estimar la magnitud práctica de la diferencia independientemente de la significancia estadística. Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (dos colas).

6.5 Procedimiento experimental

Las sesiones se realizaron de manera individual en entornos hogareños tranquilos, utilizando el mismo modelo de gamepad (PlayStation 4) y configuración técnica idéntica para todos los participantes. El investigador estuvo presente durante toda la sesión, limitándose a supervisar el correcto funcionamiento del sistema sin intervenir en el desempeño. El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:

- Consentimiento informado: Se explicó el propósito general del estudio —centrado en la experiencia de interacción y no en la habilidad individual— y se recordó el carácter voluntario de la participación.
- Cuestionario pre-experimental: Aplicado antes de la sesión de juego para caracterizar perfil demográfico y experiencia previa con videojuegos y controles análogos.
- Asignación a condición experimental: Los participantes fueron asignados a grupo control (sin sistema adaptativo) o experimental (JUANES habilitado), procurando equilibrio en edad promedio y nivel de experiencia.
- Sesión de juego: La duración dependió del tiempo requerido para completar el recorrido, con un límite máximo predefinido. El orden de las situaciones fue fijo para todos los participantes. En caso de bloqueo prolongado, se permitió omitir una sección, registrándose como no superada. Durante la interacción, el sistema registró automáticamente las métricas correspondientes a cada dimensión evaluada.
- Cuestionario post-experimental: Aplicado al finalizar la sesión, orientado a evaluar percepción de competencia, sensación de control, tensión y experiencia subjetiva general.
- Cierre: Se agradeció la participación y los datos fueron almacenados de forma anónima y codificada para su análisis posterior.

6.6 Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló respetando principios básicos de investigación con personas, priorizando el bienestar, la autonomía y la confidencialidad de los participantes, estos fueron informados acerca del propósito general del estudio, la naturaleza voluntaria de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

Durante las sesiones, se mantuvo un ambiente cómodo y libre de presión, evitando comentarios evaluativos o juicios sobre el desempeño individual. Se enfatizó que el objetivo del estudio era analizar el funcionamiento del sistema y no evaluar la habilidad personal de los jugadores.

Capítulo 7 – Resultados

7.1 Participantes y comparabilidad inicial entre grupos

El estudio contó con un total de 28 participantes (N = 28), distribuidos equitativamente en dos condiciones experimentales: grupo control (n = 14) y grupo adaptativo (n = 14). La edad de los participantes osciló entre 17 y 24 años, con una media global de 21.8 años.

El grupo control presentó una edad promedio de 21.7 años, mientras que el grupo adaptativo presentó una edad promedio de 21.9 años, no observándose diferencias relevantes entre condiciones.

En cuanto al nivel de experiencia autopercebida en videojuegos, ambos grupos presentaron una distribución idéntica: 6 participantes principiantes, 5 intermedios y 3 avanzados en cada condición experimental. Asimismo, la distribución por género fue equivalente (5 mujeres y 9 hombres por grupo).

Dado que no se observaron diferencias descriptivas en edad, experiencia ni género entre condiciones experimentales, se asume comparabilidad inicial entre grupos, reduciendo la probabilidad de sesgos asociados a variables demográficas o de experiencia previa.

7.2 Comparabilidad inicial entre novatos

Se analizaron las características demográficas y niveles de familiaridad previa de los participantes clasificados como principiantes en ambas condiciones experimentales. Como se observa en la Tabla 3, los novatos del grupo base y del grupo adaptativo presentan edades promedio similares y niveles equivalentes de familiaridad con controles tipo gamepad y mecánicas de movimiento aéreo. El grupo adaptativo muestra una ligera mayor familiaridad con juegos FPS; sin embargo, la diferencia es pequeña en magnitud. En conjunto, estos resultados respaldan la comparabilidad inicial entre subgrupos de novatos.

Variable	Base – Novatos (n=6)	Adaptativo – Novatos (n=6)
Edad (años)	21.83	21.33
Familiaridad con FPS (1–5)	1.83	2.17
Familiaridad con gamepad (1–5)	1.67	1.67
Familiaridad con jetpack (1–5)	1.83	1.83

Tabla 2: Caracterización inicial de los participantes principiantes por condición experimental (medias del pre-test, escala 1–5).

7.3 Operacionalización de dimensiones teóricas mediante métricas

Con el fin de evaluar el impacto del sistema adaptativo sobre el progreso inicial con gamepad (dual-stick), las dimensiones teóricas definidas en el marco conceptual se operacionalizan

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

mediante métricas objetivas extraídas de los registros de juego. En particular, el dominio del gamepad se entiende como una combinación de (i) precisión visomotora (orientación efectiva hacia objetivos relevantes), (ii) planificación y precisión espacial (control direccional y eficiencia de trayectorias), (iii) control postural y estabilización (capacidad de aterrizar y recuperar equilibrio), (iv) estabilidad motora y control fino (variabilidad y oscilación del movimiento), y (v) control bajo carga (mantener desempeño ante demandas atencionales concurrentes).

La Tabla en Anexos F, explicita la correspondencia funcional entre cada métrica computacional y la dimensión teórica que operacionaliza, indicando además la dirección esperada bajo mejora del desempeño. En términos generales, valores menores en error, tiempo, variabilidad, contacto con obstáculos o eventos de fallo se interpretan como mayor consolidación del control y mayor automatización motora, mientras que incrementos en estos indicadores reflejan inestabilidad del control o mayor carga atencional. Esta explicitación permite interpretar las diferencias entre condición base y condición adaptativa no como variaciones aisladas de indicadores técnicos, sino como cambios en componentes específicos la evolución con el gamepad.

7.4 Resultados en jugadores novatos

En las secciones siguientes, cada métrica será interpretada en función de su relación con dimensiones específicas del aprendizaje del control con gamepad. En términos generales, reducciones en error espacial, variabilidad motora, desorientación visual y eventos de fallo se interpretan como indicadores de mayor automatización y consolidación del control. Por el contrario, incrementos en estas métricas reflejan mayor inestabilidad o demanda cognitiva en la ejecución.

Resultados – Pilar 0: Orientation

La Figura 4 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas del pilar **Orientation**:

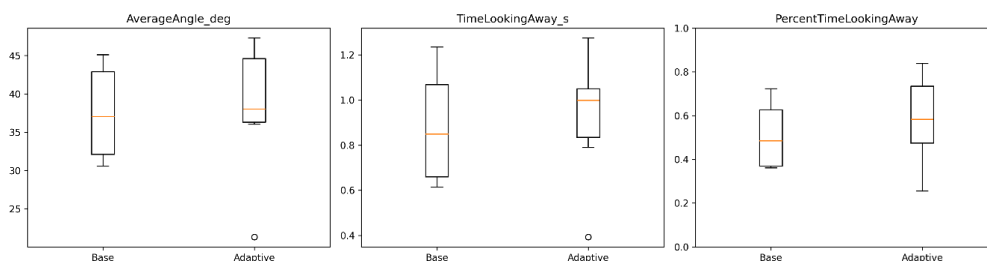


Figura 4: Diagramas de caja que comparan las métricas de Orientación entre la versión Base y la versión Adaptive del sistema para jugadores novatos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

AverageAngle_deg

En la condición base, el ángulo promedio presenta una mediana aproximada de 37.0°, con valores distribuidos entre 30.6° y 45.1°. La distribución muestra rango total expandido.

En la condición adaptativa, la mediana aumenta levemente a aproximadamente 38.0°, con valores distribuidos entre 21.4° y 47.3°. Se observa un valor bajo aislado ($\approx 21.4^\circ$) que expande el rango inferior, mientras que el resto de los valores se concentra en torno a 36–47°.

Descriptivamente, se aprecia una tendencia leve al alza en la mediana bajo la condición adaptativa, junto con un desplazamiento superior en los valores.

TimeLookingAway_s

En la condición base, el tiempo mirando fuera del objetivo presenta una mediana aproximada de 0.85 s, con valores distribuidos entre 0.61 s y 1.23 s.

En la condición adaptativa, la mediana aumenta a aproximadamente 1.00 s, con valores distribuidos entre 0.39 s y 1.27 s. Se observa un valor inferior aislado (≈ 0.39 s), mientras que la mayor parte de los valores se agrupa en rangos altos (≈ 0.79 –1.27 s).

Se observa un desplazamiento del centro de la distribución hacia tiempos mayores en condición adaptativa.

PercentTimeLookingAway

En la condición base, el porcentaje de tiempo mirando fuera del objetivo presenta una mediana aproximada de 0.48, con valores distribuidos entre 0.36 y 0.72, concentrándose de forma marcada en el rango medio (≈ 0.36 –0.64).

En la condición adaptativa, la mediana aumenta a aproximadamente 0.58, con valores distribuidos entre 0.25 y 0.84. Se aprecia una expansión hacia valores superiores (≈ 0.78 –0.84), junto con un valor inferior aislado (≈ 0.25) que amplía el rango total.

Descriptivamente, se observa un desplazamiento global hacia mayores porcentajes de desatención en condición adaptativa, con mayor dispersión total.

Síntesis del Pilar – Orientation (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente un aumento en el ángulo promedio respecto al objetivo (AverageAngle_deg), así como un incremento en el tiempo mirando fuera del objetivo, tanto en segundos (TimeLookingAway_s) como en

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

porcentaje del tiempo total (PercentTimeLookingAway). Este patrón sugiere mayor desalineación visual y mayor tiempo de desatención bajo la versión adaptativa. Asimismo, se observa mayor dispersión interindividual en estas métricas.

El análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre condiciones ($p > .05$ en todas las métricas evaluadas), con tamaños de efecto pequeños a moderados. Esto indica que, aunque el patrón descriptivo apunta hacia mayor desatención visual bajo condición adaptativa, la evidencia estadística no permite afirmar un efecto robusto en la muestra analizada.

En conjunto, el sistema adaptativo no muestra evidencia de mejora en el enfoque visual hacia el objetivo en jugadores novatos y se asocia descriptivamente con mayores niveles de desalineación y tiempo de mirada fuera del objetivo. Estos resultados deben interpretarse con cautela debido a la ausencia de significancia estadística y al tamaño muestral reducido.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
PercentTimeLookingAway	0.484792239	0.582970679	0.09817844	14	0.588744589	0.184900065
AverageAngle_deg	37.03608188	38.03186412	0.995782243	15	0.699134199	0.138675049
TimeLookingAway_s	0.848722124	0.997770631	0.149048507	17	0.937229437	0.046225016

Tabla 3: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Orientation en jugadores novatos

Resultados – Pilar 1: Trajectory

La Figura 5 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas del pilar **Trajectory**:

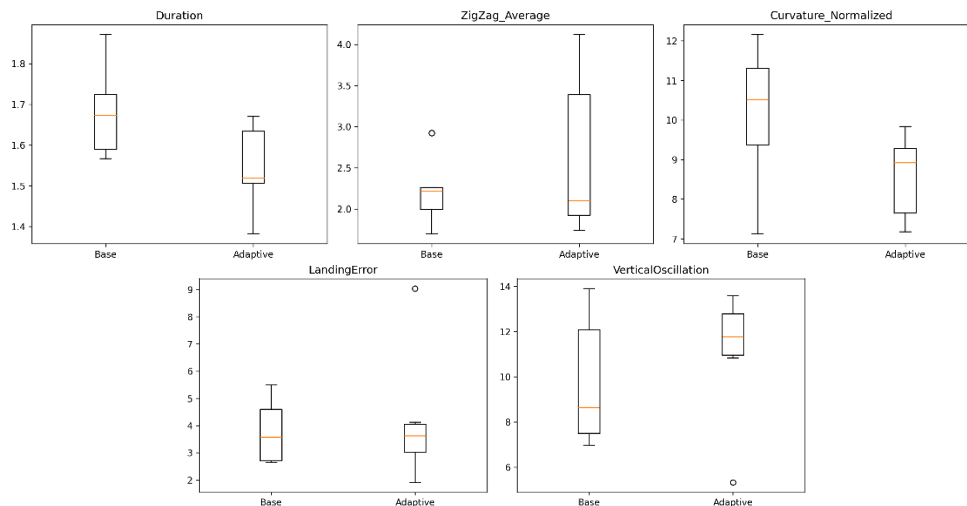


Figura 5: Diagramas de caja que comparan las métricas del pilar trajectory, entre la versión Base y la versión Adaptive del sistema para jugadores novatos.

Duration

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En la condición base, la duración presenta una mediana aproximada de **1.67 s**, con valores relativamente concentrados entre 1.56 s y 1.87 s.

En la condición adaptativa, la mediana disminuye a **1.51 s**, observándose además una ligera compactación de los valores hacia el rango inferior (1.38–1.67 s).

Descriptivamente, se aprecia un desplazamiento global de la distribución hacia tiempos menores, con mayor concentración en torno a valores más bajos, en la condición adaptativa.

Curvature_Normalized

En la condición base, la mediana es aproximadamente **10.52**, con valores distribuidos en un rango amplio (7.13–12.16), concentrándose principalmente en el rango superior.

En la condición adaptativa, la mediana desciende a **8.96**, y los valores se agrupan con mayor concentración entre 7.18 y 9.83.

Se observa un desplazamiento claro de la distribución hacia valores inferiores y una mayor concentración en rangos medios-bajos, indicando trayectorias más rectas bajo la condición adaptativa.

ZigZag_Average

En la condición base, la mediana es cercana a **2.22**, con valores relativamente concentrados en un rango estrecho.

En la condición adaptativa, la mediana se mantiene similar (**≈2.11**); sin embargo, la distribución se expande hacia valores superiores (3.78 y 4.12), reduciendo la concentración central.

Esto sugiere estabilidad en la tendencia central, pero mayor dispersión interindividual en la condición adaptativa.

LandingError

La mediana del error de aterrizaje es similar en ambas condiciones (**≈3.57** y **≈3.63** respectivamente). En la condición adaptativa, sin embargo, se observa un valor extremo (9.04), que amplía el rango total.

La condición adaptativa muestra una distribución más concentrada en torno a la mediana, con menor rango intercuartílico.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

VerticalOscillation

En la condición base, la mediana es aproximadamente **8.64**, con distribución relativamente extendida.

En la condición adaptativa, la mediana aumenta a **11.75**, y la mayoría de los valores se concentran sobre el umbral de 10 unidades.

Se observa un desplazamiento de la distribución hacia valores superiores y una mayor concentración en rangos altos, indicando incremento consistente en la oscilación vertical bajo la condición adaptativa.

Síntesis del Pilar 1 – Trajectory (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente una reducción en la duración del trayecto (Duration) y en la curvatura normalizada (Curvature_Normalized), lo que indica trayectorias más directas y temporalmente más eficientes. Dado que estas métricas reflejan la planificación espacial del desplazamiento, su disminución sugiere mayor eficiencia direccional bajo la versión adaptativa.

El análisis inferencial revela que la reducción en Duration presenta un valor p cercano al umbral convencional de significancia ($p \approx 0.052$) y un tamaño de efecto grande ($r \approx 0.61$), lo que indica una tendencia robusta hacia trayectorias más rápidas bajo condición adaptativa. La disminución en Curvature_Normalized muestra un tamaño de efecto moderado ($r \approx 0.44$), aunque sin alcanzar significancia estadística ($p > .05$).

El ZigZag_Average y el LandingError se mantienen similares entre condiciones, sin cambios sistemáticos en la corrección lateral ni en la precisión final del aterrizaje. En contraste, se observa un aumento en la oscilación vertical (VerticalOscillation), lo que indica mayor variabilidad en el eje vertical del movimiento bajo la versión adaptativa.

En conjunto, la condición adaptativa se asocia con una tendencia consistente hacia mayor eficiencia en la planificación y ejecución de la trayectoria en jugadores novatos, acompañada de mayor variabilidad vertical durante el vuelo. Si bien la diferencia en duración no alcanza el umbral convencional de significancia estadística, el tamaño de efecto grande sugiere un impacto relevante que podría consolidarse con una muestra mayor.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
Duration	1.673359846	1.518369868	-0.154989977	26	0.051948052	0.605530071
Curvature_Normalized	10.51699803	8.921976905	-1.595021126	23	0.177489177	0.440385506
VerticalOscillation	8.635781455	11.75737159	3.121590137	12	0.662337662	0.165144565
ZigZag_Average	2.215957383	2.097333611	-0.118623772	14	0.930735931	0.055048188
LandingError	3.56769231	3.626252208	0.058559898	15	1	0

Tabla 4: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Trajectory en jugadores novatos

Resultados – Pilar 2: Landing

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

La Figura 6 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas del pilar **Landing**: Este pilar evalúa el error espacial del aterrizaje, el margen de seguridad y la estabilidad posterior al contacto.

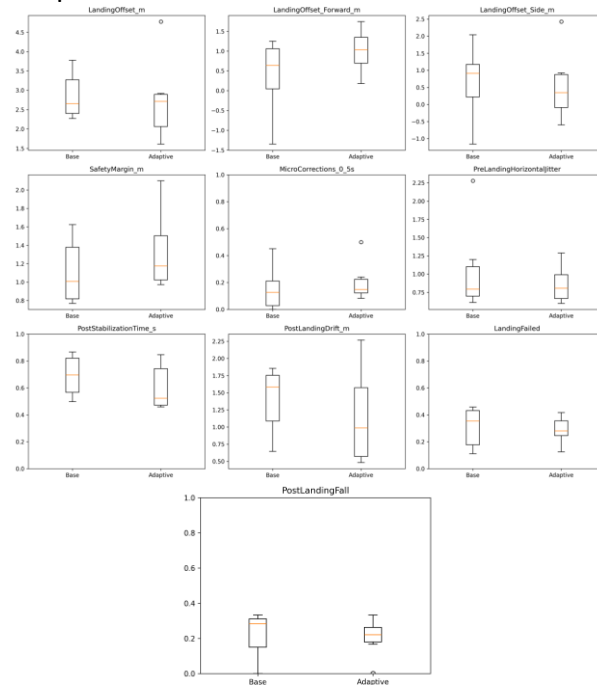


Figura 6: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 2 – Landing.

LandingOffset_m

En la condición base, el desplazamiento total de aterrizaje presenta una mediana aproximada de **2.65 m**, con valores concentrados principalmente entre ~ 2.3 m y ~ 3.4 m, aunque con un valor alto aislado que eleva el rango superior. En la condición adaptativa, la mediana aumenta levemente hasta aproximadamente **2.71 m**, manteniendo una concentración central similar, pero con mayor dispersión total debido a un valor extremo superior (≈ 4.78 m).

LandingOffset_Forward_m

En la condición base, la mediana del offset longitudinal es cercana a **0.64 m**, con una distribución amplia que incluye valores negativos (indicando variabilidad en la dirección de aproximación). En la condición adaptativa, la mediana aumenta hasta aproximadamente **1.04 m**, observándose además un desplazamiento de la caja hacia valores más altos y una mayor concentración de observaciones en rangos positivos.

Esto sugiere un cambio sistemático en el patrón de aterrizaje hacia offsets forward mayores bajo la condición adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

LandingOffset_Side_m

En la condición base, la mediana del desvío lateral es cercana a **0.91 m**, con alta dispersión (incluyendo valores negativos y positivos). En la condición adaptativa, la mediana desciende de forma marcada hasta aproximadamente **0.35 m**, con un desplazamiento claro de la distribución hacia valores más cercanos a cero y mayor concentración en torno a ese rango, aunque aparece un valor atípico alto (≈ 2.43 m).

En términos descriptivos, esta variable sí muestra una reducción relevante del error lateral en la condición adaptativa.

SafetyMargin_m

En la condición base, el margen de seguridad presenta una mediana cercana a **1.01 m**, con valores concentrados alrededor de 0.8–1.4 m. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a aproximadamente **1.17 m**, observándose un desplazamiento de la caja hacia valores superiores y una mayor concentración por sobre 1.0 m, aunque con mayor extensión del rango superior.

Esto indica un aumento consistente del margen de seguridad en la condición adaptativa.

MicroCorrections_0_5s

En la condición base, la mediana de microcorrecciones inmediatas posteriores al contacto es aproximadamente **0.13**, con alta concentración en valores bajos (incluyendo ceros). En la condición adaptativa, la mediana aumenta levemente hasta aproximadamente **0.15**, con una caja que se desplaza marginalmente hacia arriba y una mayor presencia de valores medios-altos (incluyendo un valor superior aislado).

Descriptivamente, el sistema adaptativo se asocia con un incremento leve en ajustes finos justo tras aterrizar.

PreLandingHorizontalJitter

El jitter horizontal previo al aterrizaje presenta una mediana cercana a **0.79** en la condición base y aproximadamente **0.81** en la condición adaptativa. A nivel visual, ambas distribuciones son muy similares, con presencia de valores altos aislados en ambos casos y sin un desplazamiento claro de la caja entre condiciones.

En conjunto, no se observa una mejora descriptiva consistente en esta variable.

PostStabilizationTime_s

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En la condición base, el tiempo de estabilización posterior al aterrizaje presenta una mediana aproximada de **0.70 s**, con concentración en rangos medios-altos. En la condición adaptativa, la mediana disminuye hasta aproximadamente **0.52 s**, observándose un desplazamiento claro de la caja hacia valores inferiores y mayor concentración en tiempos más bajos.

Este patrón sugiere estabilización más rápida tras el contacto bajo la condición adaptativa.

PostLandingDrift_m

En la condición base, el patinaje posterior al aterrizaje presenta una mediana cercana a **1.58 m**, con valores concentrados en torno a 1.0–1.8 m. En la condición adaptativa, la mediana desciende hasta aproximadamente **0.99 m**, con un desplazamiento de la distribución hacia valores inferiores y mayor concentración en el rango bajo, aunque con un valor alto aislado que amplía el rango superior.

Descriptivamente, se observa una reducción consistente de la deriva post-aterrizaje en la condición adaptativa.

LandingFailed

La proporción de aterrizajes fallidos muestra una mediana cercana a **0.35** en la condición base y aproximadamente **0.28** en la condición adaptativa. Visualmente, la caja adaptativa se desplaza hacia valores inferiores, sugiriendo una disminución moderada en fallas de aterrizaje.

PostLandingFall

La variable PostLandingFall presenta una mediana aproximada de **0.28** en la condición base y **0.22** en la condición adaptativa. Esto indica una reducción en caídas posteriores al aterrizaje bajo la condición adaptativa.

Síntesis del Pilar 2 – Landing (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa mantiene el error total de aterrizaje sin cambios sistemáticos respecto a la versión base, indicando que la precisión inicial del punto de contacto no se modifica de manera relevante. No obstante, descriptivamente se observa una reducción en el desvío lateral (LandingOffset_Side_m) y un aumento en el margen de seguridad (SafetyMargin_m), lo que sugiere un aterrizaje más centrado y con mayor distancia respecto a zonas de riesgo.

Asimismo, la versión adaptativa muestra una disminución en el tiempo de estabilización posterior (PostStabilizationTime_s) y en la deriva post-aterrizaje (PostLandingDrift_m), junto

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

con una reducción en fallas y caídas posteriores, lo que indica mayor estabilidad tras el contacto. El jitter previo al aterrizaje se mantiene relativamente estable, mientras que las microcorrecciones inmediatas presentan un leve incremento.

Sin embargo, el análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre condiciones en las métricas evaluadas ($p > .05$). Los tamaños de efecto se sitúan en rangos pequeños a moderados, lo que sugiere tendencias consistentes hacia mayor estabilidad posterior al aterrizaje.

En conjunto, la condición adaptativa se asocia descriptivamente con mayor estabilidad y seguridad posterior al contacto, sin modificar la precisión inicial del aterrizaje. Estos efectos deben interpretarse con cautela debido a la ausencia de significancia estadística y al tamaño muestral reducido.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
LandingOffset_Forward_m	0.640984567	1.036330289	0.395345721	10	0.24025974	0.369800131
PostStabilizationTime_s	0.695828472	0.522850006	-0.172978465	25	0.30952381	0.323575114
PostLandingDrift_m	1.582717471	0.986360559	-0.596356911	24	0.393939394	0.277350098
SafetyMargin_m	1.008465136	1.174910957	0.166445821	12	0.393939394	0.277350098
MicroCorrections_0_5s	0.126984127	0.148706897	0.021727277	13	0.470393004	0.231125082
LandingOffset_Side_m	0.90999718	0.345147047	-0.564850133	22	0.588744589	0.184900065
LandingFailed	0.354166667	0.280172414	-0.073994253	21.5	0.630355526	0.161787557
PostLandingFall	0.283333333	0.220867209	-0.062466125	21	0.687884591	0.138675049
PreLandingHorizontalJitter	0.793710076	0.806112849	0.012402774	20	0.818181818	0.092450033
LandingOffset_m	2.651775093	2.713065262	0.061290168	20	0.818181818	0.092450033

Tabla 5: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Landing en jugadores novatos

Resultados – Pilar 3: Movement

La Figura 7 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas del pilar Movement, en jugadores novatos. Este pilar evalúa estabilidad espacial sobre la plataforma, exposición al riesgo y comportamiento de corrección motora.

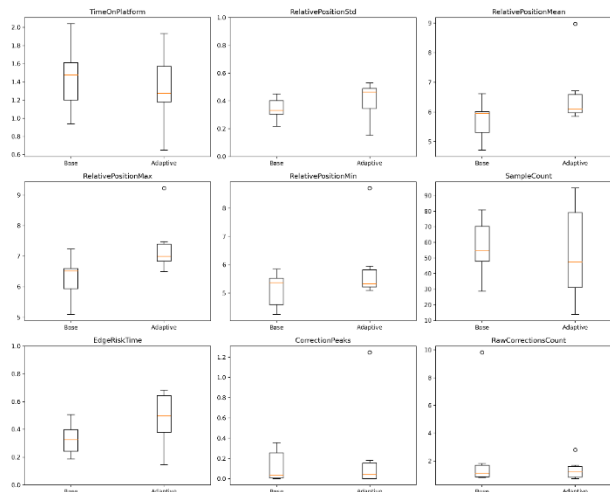


Figura 7: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 3 – Movement, comparando las condiciones Base y Adaptive.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

TimeOnPlatform

En la condición base, el tiempo sobre plataforma presenta una mediana cercana a 1.45 s, con valores concentrados en rangos medios-altos. En la condición adaptativa, la mediana desciende hasta aproximadamente 1.27 s, observándose un desplazamiento leve de la distribución hacia valores inferiores y mayor dispersión total.

Descriptivamente, la condición adaptativa se asocia con una ligera reducción del tiempo de permanencia en plataforma.

RelativePositionStd

En la condición base, la desviación estándar de la posición relativa presenta una mediana cercana a 0.33, con distribución relativamente compacta. En la condición adaptativa, la mediana aumenta hasta aproximadamente 0.46–0.47, con un desplazamiento claro de la caja hacia valores superiores y mayor concentración en rangos altos. Esto indica mayor variabilidad espacial bajo la condición adaptativa.

RelativePositionMean

En la condición base, la mediana se sitúa aproximadamente en 5.9, mientras que en la condición adaptativa asciende hasta alrededor de 6.1–6.2, con un desplazamiento leve hacia valores superiores y presencia de un valor atípico alto.

Se observa un cambio moderado en la posición media ocupada en plataforma bajo la condición adaptativa.

RelativePositionMax

En la condición base, la mediana es cercana a 6.5, mientras que en la condición adaptativa aumenta hasta aproximadamente 7.0, con desplazamiento de la distribución hacia valores superiores y mayor extensión del rango máximo.

Esto sugiere mayor alcance espacial bajo la condición adaptativa.

RelativePositionMin

En la condición base, la mediana se ubica alrededor de 5.4–5.5, mientras que en la condición adaptativa se mantiene similar (≈ 5.3 –5.4), aunque con mayor dispersión total y presencia de valores más extremos.

No se observa desplazamiento sistemático hacia valores inferiores o superiores en la tendencia central.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

SampleCount (Microcorrecciones totales)

En la condición base, la mediana se sitúa en torno a 55 muestras, mientras que en la condición adaptativa desciende ligeramente hacia valores cercanos a 47–48, aunque con mayor dispersión total.

No se aprecia un patrón claro de mejora o deterioro, sino mayor variabilidad interindividual.

EdgeRiskTime

En la condición base, el tiempo en zona de riesgo presenta una mediana cercana a 0.32, con valores relativamente concentrados. En la condición adaptativa, la mediana aumenta hasta aproximadamente 0.49, con desplazamiento claro hacia valores superiores y mayor concentración en rangos altos.

Esto indica mayor exposición al borde o zona de riesgo bajo la condición adaptativa.

CorrectionPeaks

En la condición base, la mediana es cercana a 0.05, con valores mayormente concentrados en rangos bajos. En la condición adaptativa, la mediana se mantiene similar, con un leve desplazamiento hacia valores menores, con presencia de un valor extremo superior.

No se observa un desplazamiento consistente de la tendencia central.

RawCorrectionsCount

En la condición base, la mediana se sitúa aproximadamente en 1.2, mientras que en la condición adaptativa se mantiene cercana a 1.3, con dispersión relativamente igual y un valor atípico superior en la condición base.

La concentración central es similar, sin desplazamiento sistemático.

Síntesis del Pilar 3 – Movement (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente un leve descenso en el tiempo de permanencia en plataforma (TimeOnPlatform), junto con un aumento en la variabilidad espacial (RelativePositionStd) y en el alcance máximo dentro de la plataforma (RelativePositionMax). También se observa un incremento en la posición media ocupada (RelativePositionMean) y en el tiempo de exposición a zonas de riesgo (EdgeRiskTime), lo que sugiere mayor dispersión espacial y mayor exploración del espacio disponible bajo la condición adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Las métricas asociadas al mínimo relativo (RelativePositionMin), al número total de muestras (SampleCount), al conteo bruto de correcciones (RawCorrectionsCount) y a los picos de corrección (CorrectionPeaks) no muestran cambios sistemáticos entre condiciones.

El análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas en las métricas evaluadas ($p > .05$). No obstante, la variable RelativePositionMax presenta un tamaño de efecto grande ($r \approx 0.55$) y un valor p cercano al umbral convencional ($p \approx 0.065$), lo que sugiere una tendencia consistente hacia mayor amplitud de desplazamiento espacial bajo condición adaptativa, aunque sin alcanzar significancia estadística en la muestra actual.

En conjunto, la condición adaptativa se asocia descriptivamente con mayor variabilidad y amplitud en la ocupación del espacio sobre la plataforma, junto con mayor exposición al borde, sin evidencia estadísticamente significativa de mejora en la estabilidad posicional fina. Estos resultados deben interpretarse con cautela debido al tamaño muestral reducido.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
RelativePositionMax	6.503112083	6.994062945	0.490950862	6	0.064935065	0.554700196
RelativePositionMean	5.945171787	6.090791538	0.145619751	9	0.17965368	0.416025147
RelativePositionStd	0.331106518	0.463775587	0.132669069	10	0.24025974	0.369800131
EdgeRiskTime	0.324298965	0.495443403	0.171144438	10	0.24025974	0.369800131
TimeOnPlatform	1.473941248	1.271939438	-0.202001811	21	0.699134199	0.138675049
RelativePositionMin	5.36567907	5.319267143	-0.046411927	15	0.699134199	0.138675049
SampleCount	54.57318741	47.53117409	-7.042013325	21	0.699134199	0.138675049
RawCorrectionsCount	1.11584507	1.210526316	0.094681245	20	0.818181818	0.092450033
CorrectionPeaks	0.033196721	0.038461538	0.005264817	19	0.933836067	0.046225016

Tabla 6: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Movement en jugadores novatos

Resultados – Pilar 4: Obstacles

La Figura 8 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas asociadas al pilar **Obstacles**, en jugadores novatos. Este pilar evalúa desempeño frente a obstáculos, considerando tiempo de resolución, contacto y localización espacial de los impactos.

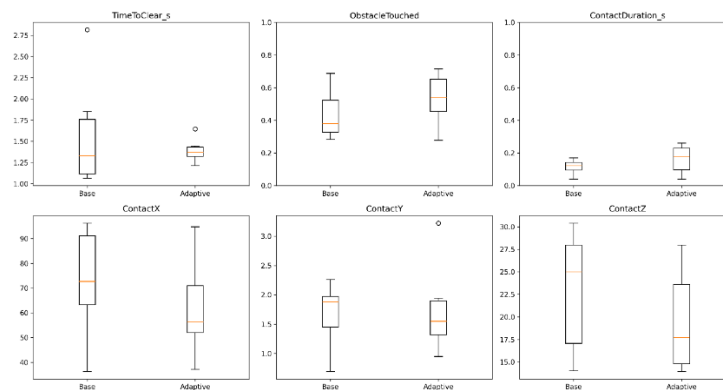


Figura 8: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 4 – Obstacles, comparando las condiciones Base y Adaptive.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

TimeToClear_s

En la condición base, la mediana de **TimeToClear_s** es **1.32 s**, con una distribución amplia y presencia de un valor extremo superior que incrementa considerablemente el rango total. En la condición adaptativa, la mediana es **1.37 s**, manteniéndose en un rango similar; sin embargo, la distribución se observa más compacta y sin valores extremos tan elevados. Aunque no se aprecia una reducción en la mediana del tiempo de resolución, sí se observa una disminución clara en la variabilidad y en los tiempos máximos registrados. Esto sugiere que, bajo la condición adaptativa, los jugadores novatos presentan un desempeño más consistente al enfrentar los obstáculos, aun cuando el tiempo central no disminuye.

ObstacleTouched

En la condición base, la mediana de **ObstacleTouched** es **0.38**, con dispersión moderada. En la condición adaptativa, la mediana asciende a **0.54**, observándose un desplazamiento claro hacia valores superiores.

Esto indica que, en promedio, los jugadores novatos tocan más obstáculos bajo la condición adaptativa.

ContactDuration_s

En la condición base, la mediana de **ContactDuration_s** es **0.12 s**, con alta concentración en valores bajos. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a **0.17 s**, con desplazamiento hacia valores superiores y mayor amplitud intercuartílica.

Se evidencia mayor duración de contacto con obstáculos bajo la condición adaptativa.

ContactX

En la condición base, la mediana de **ContactX** es **72.65**, con amplia dispersión espacial. En la condición adaptativa, la mediana desciende a **56.98**, observándose desplazamiento hacia valores inferiores y mayor concentración en el rango medio-bajo.

Esto indica un cambio en la localización horizontal promedio de los contactos bajo la condición adaptativa.

ContactZ

En la condición base, la mediana de **ContactZ** es **25.48**, con distribución relativamente amplia. En la condición adaptativa, la mediana desciende a **17.2**, con desplazamiento claro hacia valores inferiores y mayor concentración en rangos bajos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Esto refleja una modificación espacial consistente en la profundidad de los contactos bajo la condición adaptativa.

AbandonoPilar

En ambas condiciones, la mediana de **AbandonoPilar** es 0.

Síntesis del Pilar 4 – Obstacles (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente una reducción en el tiempo de resolución del obstáculo (TimeToClear_s), lo que sugiere una ejecución más rápida de la tarea bajo esta versión. Sin embargo, se observa un aumento en la cantidad de obstáculos tocados (ObstacleTouched) y en la duración del contacto (ContactDuration_s), indicando mayor interacción física con los elementos de riesgo durante la resolución.

Asimismo, las coordenadas de contacto (ContactX, ContactY, ContactZ) evidencian un desplazamiento espacial del punto de impacto hacia zonas más centrales del eje de desplazamiento, lo que sugiere un patrón más alineado con la trayectoria principal, aunque acompañado de mayor fricción o roce con el obstáculo.

No obstante, el análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre condiciones en las métricas evaluadas ($p > .05$). Los tamaños de efecto se sitúan en rangos pequeños a moderados, lo que indica tendencias descriptivas consistentes, pero sin evidencia estadística robusta en la muestra analizada.

Metrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
ContactX	72.65084651	56.28645663	-16.36438988	25	0.30952381	0.323575114
ObstacleTouched	0.379432624	0.540570175	0.161137551	12	0.393939394	0.277350098
ContactDuration_s	0.121889125	0.178026316	0.05613719	12	0.393939394	0.277350098
ContactZ	24.99400709	17.70066726	-7.29333983	24	0.393939394	0.277350098
ContactY	1.876734028	1.548288961	-0.328445067	22	0.588744589	0.184900065
TimeToClear_s	1.328075952	1.37041769	0.042341738	17	0.937229437	0.046225016

Tabla 7: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Obstacles en jugadores novatos

Resultados – Pilar 5: Jitter

La Figura 9 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas asociadas al pilar Jitter, en jugadores novatos. Este pilar evalúa la inestabilidad fina del control y el comportamiento micro-correctivo durante el apuntado fino hacia enemigos.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

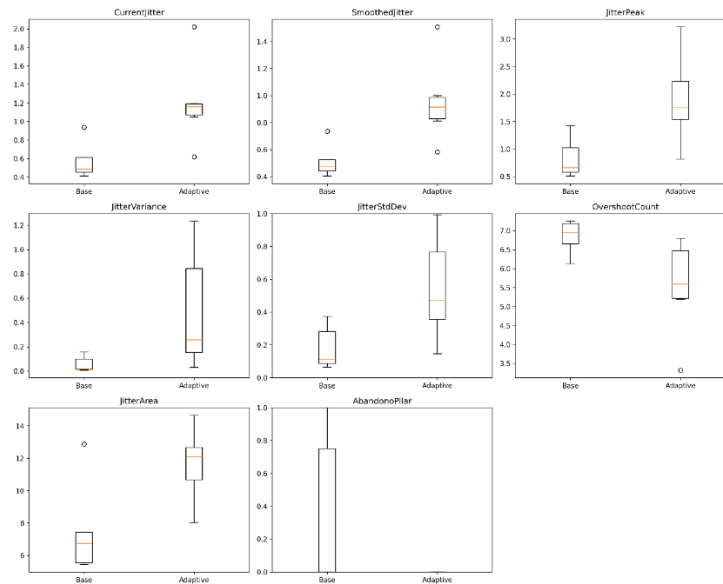


Figura 9: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 5 – Jitter, comparando las condiciones Base y Adaptive.

CurrentJitter

En la condición base, la mediana de CurrentJitter es 0.5 aproximadamente, con valores concentrados principalmente bajo 0.6 y un valor superior aislado que amplía el rango. En la condición adaptativa, la mediana asciende a 1.15, observándose un desplazamiento claro de la distribución hacia valores superiores y mayor dispersión total. Esto indica un aumento consistente del jitter instantáneo bajo la condición adaptativa.

SmoothedJitter

En la condición base, la mediana de SmoothedJitter es 0.5, con alta concentración en valores bajos. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a 0.9, con desplazamiento evidente de la caja hacia valores superiores y mayor amplitud intercuartílica. Se observa incremento sostenido del jitter suavizado bajo la condición adaptativa.

JitterPeak

En la condición base, la mediana de JitterPeak es 0.67, mientras que en la condición adaptativa asciende a 1.74, con desplazamiento claro hacia valores superiores y ampliación significativa del rango total. Esto refleja un aumento marcado en la magnitud de los picos de inestabilidad.

JitterVariance

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En la condición base, la mediana de JitterVariance es 0.03, con fuerte concentración en valores bajos. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a 0.26, observándose un desplazamiento sustancial hacia valores superiores. Se evidencia incremento relevante en la variabilidad del jitter bajo la condición adaptativa.

JitterStdDev

En la condición base, la mediana de JitterStdDev es 0.1, mientras que en la condición adaptativa asciende a 0.46, con desplazamiento claro de la distribución hacia valores superiores. Esto indica mayor inestabilidad fina del control bajo la condición adaptativa.

OvershootCount

En la condición base, la mediana de OvershootCount es 6.9, con distribución relativamente concentrada. En la condición adaptativa, la mediana desciende a 5.5, observándose un desplazamiento hacia valores inferiores y mayor dispersión total. Descriptivamente, la condición adaptativa se asocia con una reducción en la cantidad de overshoots.

JitterArea

En la condición base, la mediana de JitterArea es 6.7, con valores concentrados en el rango medio. En la condición adaptativa, la mediana asciende a 12, con desplazamiento claro hacia valores superiores y mayor extensión del rango total. Esto indica un incremento sustantivo del área total de inestabilidad bajo la condición adaptativa.

AbandonoPilar

En la condición base se observan valores distintos de cero, con una mediana de 0.5, mientras que en la condición adaptativa la mediana es 0, evidenciando ausencia de abandono del pilar en esta condición.

Síntesis del Pilar 5 – Jitter (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente un aumento en los indicadores de variabilidad del control fino, incluyendo CurrentJitter, SmoothedJitter, JitterPeak, JitterVariance, JitterStdDev y JitterArea. Este patrón sugiere mayor actividad microcorrectiva y mayor magnitud de oscilaciones durante la ejecución bajo la versión adaptativa.

En contraste, se observa una disminución en el conteo de sobrecorrecciones amplias (OvershootCount), lo que indica menor presencia de ajustes bruscos o movimientos de gran

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

amplitud. Asimismo, no se registran abandonos del pilar bajo condición adaptativa, lo que sugiere mayor permanencia en la tarea pese al aumento en la variabilidad fina.

Sin embargo, el análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre condiciones en las métricas analizadas ($p > .05$). No obstante, algunos tamaños de efecto se sitúan en rangos pequeños a moderados, lo que sugiere una tendencia consistente hacia mayor activación motora fina bajo condición adaptativa, aunque sin evidencia estadística robusta en la muestra.

En conjunto, el sistema adaptativo se asocia descriptivamente con un patrón de control más activo y dinámico en jugadores novatos, caracterizado por mayor variabilidad microcorrectiva pero menor incidencia de sobrecorrecciones amplias. Estos efectos deben interpretarse con cautela debido a la ausencia de significancia estadística.

Metrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
CurrentJitter	0.48656513	1.157915683	0.671350553	1	0.008658009	0.770674636
SmoothedJitter	0.478307792	0.914522475	0.436214683	1	0.008658009	0.770674636
JitterPeak	0.659129156	1.747362192	1.088233036	2	0.017316017	0.715626447
JitterVariance	0.019571299	0.25844699	0.238875692	3	0.03030303	0.660578259
JitterStdDev	0.109211104	0.473146336	0.363935232	3	0.03030303	0.660578259
OvershootCount	6.954727031	5.594720755	-1.360006276	26	0.051948052	0.605530071
JitterArea	6.724139091	12.08150893	5.357369841	5	0.082251082	0.550481883

Tabla 8: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Jitter en jugadores novatos

Resultados – Pilar 6: Multitasking

La Figura 10 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas asociadas al pilar Multitasking, en jugadores novatos. Este pilar evalúa desempeño bajo carga simultánea de tareas.

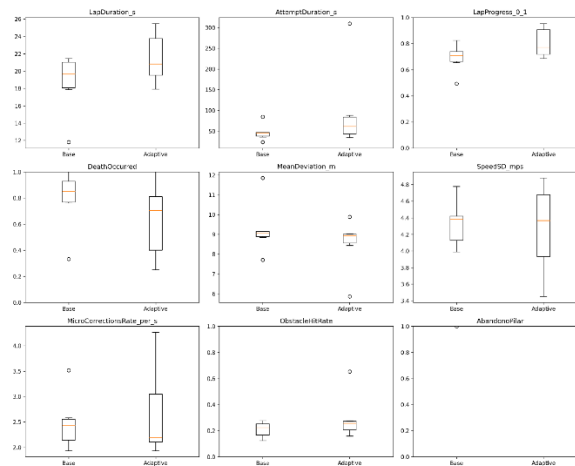


Figura 10: Diagramas de caja de las métricas asociadas al Pilar 6 – Multitasking, comparando las condiciones Base y Adaptive.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

LapDuration_s

En la condición base, la mediana de LapDuration_s es 19.6 s, con valores concentrados en torno a 18–21 s y un valor inferior aislado. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a 20.7 s, observándose mayor dispersión total y presencia de valores superiores. Descriptivamente, la condición adaptativa se asocia con un leve aumento en la duración de la vuelta (tiempo de supervivencia).

AttemptDuration_s

En la condición base, la mediana de AttemptDuration_s es 45.6 s, con concentración en el rango medio. En la condición adaptativa, la mediana asciende a 55.2 s, con mayor dispersión y presencia de un valor extremo alto que amplía el rango total. Se observa un aumento en el tiempo total de intento bajo la condición adaptativa.

LapProgress_0_1

En la condición base, la mediana de LapProgress_0_1 es 0.7, con distribución relativamente compacta. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a 0.8, con desplazamiento claro hacia valores superiores y mayor concentración en rangos altos. Esto indica mayor progreso promedio bajo la condición adaptativa.

DeathOccurred

En la condición base, la mediana de DeathOccurred es 0.86, con alta concentración en valores cercanos a 1. En la condición adaptativa, la mediana desciende a 0.77, con mayor dispersión y algunos valores más bajos. Descriptivamente, se observa una reducción leve la tasa de muerte bajo la condición adaptativa.

MeanDeviation_m

En la condición base, la mediana de MeanDeviation_m es 9 m, con valores relativamente concentrados. En la condición adaptativa, la mediana desciende a 8.9 m, manteniendo concentración similar pero con mayor dispersión total. Se aprecia una leve reducción en la desviación media bajo la condición adaptativa.

SpeedSD_mps

En la condición base, la mediana de SpeedSD_mps es 4.4 m/s, con distribución relativamente compacta. En la condición adaptativa, la mediana desciende levemente a 4.3 m/s, aunque con mayor dispersión total. Esto sugiere ligera reducción en la variabilidad de velocidad bajo la condición adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

MicroCorrectionsRate_per_s

En la condición base, la mediana de MicroCorrectionsRate_per_s es 2.4, con valores concentrados en torno a 2–3 y un valor alto aislado. En la condición adaptativa, la mediana se reduce a 2.2, aunque con mayor dispersión total y presencia de valores altos. No se observa un desplazamiento sistemático claro en la tasa de microcorrecciones.

ObstacleHitRate

En la condición base, la mediana de ObstacleHitRate es 0.22, con distribución relativamente compacta. En la condición adaptativa, la mediana aumenta a 0.25, con desplazamiento leve hacia valores superiores. Esto sugiere una ligera mayor tasa de impacto con obstáculos bajo la condición adaptativa.

AbandonoPilar

En la condición base, se presentan casos de abandono. En la condición adaptativa, la mediana se mantiene en 0, sin aumento ni dispersión observable. Se aprecia descenso en abandono del pilar bajo la condición adaptativa.

Síntesis del Pilar 6 – Multitasking (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente un aumento en el progreso alcanzado en la tarea (LapProgress_0_1), junto con un incremento en la duración de la vuelta y del intento (LapDuration_s y AttemptDuration_s). Este patrón sugiere mayor permanencia dentro del desafío bajo condiciones de carga multitarea.

Asimismo, se observa una leve disminución en la ocurrencia de muerte (DeathOccurred), en la desviación media respecto al recorrido (MeanDeviation_m), en la variabilidad de velocidad (SpeedSD_mps) y en la tasa de microcorrecciones, lo que podría indicar una tendencia hacia mayor estabilidad general durante la ejecución. En contraste, se aprecia un aumento en la tasa de impacto con obstáculos (ObstacleHitRate), evidenciando un posible intercambio entre progresión global y precisión fina en la interacción con el entorno.

No obstante, el análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente. Sin embargo, algunas métricas muestran tamaños de efecto moderados, particularmente en el progreso alcanzado ($r \approx 0.42$) y en la duración de la vuelta ($r \approx 0.37$), lo que sugiere una tendencia consistente hacia mayor avance y permanencia bajo condición adaptativa.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

En conjunto, el sistema adaptativo se asocia descriptivamente con mayor progresión y continuidad bajo carga cognitiva en jugadores novatos, acompañado de un leve aumento en la interacción con obstáculos. Estos efectos deben interpretarse con cautela, dado que no alcanzan significancia estadística en el análisis inferencial.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
LapProgress_0_1	0.707847118	0.771092105	0.063244987	9	0.17965368	0.416025147
LapDuration_s	19.64146867	20.81652632	1.175057644	10	0.24025974	0.369800131
DeathOccurred	0.851258581	0.705263158	-0.145995423	25.5	0.261496176	0.346687623
AttemptDuration_s	45.68429198	61.31378289	15.62949091	11	0.30952381	0.323575114
ObstacleHitRate	0.223619048	0.25785	0.034230952	12	0.393939394	0.277350098
MeanDeviation_m	9.071012907	8.936965	-0.134047907	23	0.484848485	0.231125082
SpeedSD_mps	4.382629167	4.366549474	-0.016079693	18	1	0
MicroCorrectionsRate	2.434165761	2.191865789	-0.242299971	18	1	0

Tabla 9: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas del pilar Multitasking en jugadores novatos

Resultados – General Stats

La Figura 11 presenta la comparación entre la condición base y la condición adaptativa para las métricas globales de desempeño en jugadores novatos.

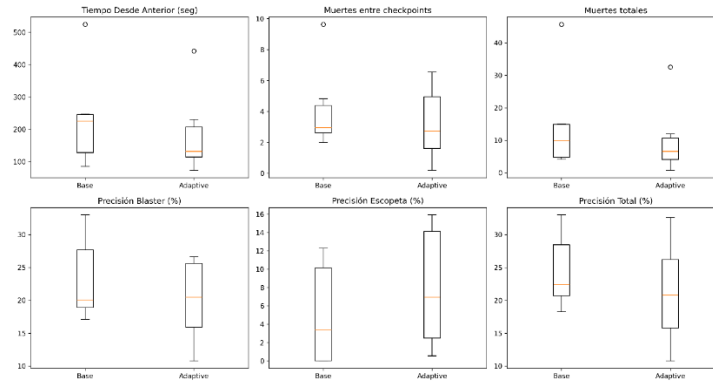


Figura 11: Diagramas de caja de las métricas asociadas a las estadísticas generales, comparando las condiciones Base y Adaptive

Tiempo Desde Anterior Checkpoint (seg)

La condición adaptativa reduce claramente la mediana (224.9 s → 131.3 s) y presenta una distribución más compacta, indicando progresión más fluida entre hitos del juego.

Muertes entre checkpoints

Se observa una leve disminución en la mediana (2.9 → 2.7), con distribuciones similares. El efecto es sutil pero consistente con menor mortalidad intermedia.

Muertes totales

La mediana disminuye de 9.9 a 6.5 bajo la condición adaptativa, con menor extensión hacia valores altos. El patrón sugiere una reducción consistente de la mortalidad global.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Precisión Blaster (%)

Las medianas son prácticamente equivalentes (20.07% vs. 20.47%), sin cambios relevantes en la distribución.

Precisión Escopeta (%)

La mediana aumenta de 3.39% a 6.96%, mostrando un desplazamiento claro hacia valores superiores. Se evidencia mejora consistente en esta métrica específica.

Precisión Total (%)

Permanece similar entre condiciones (22.39% vs. 22.14%), en términos globales, la precisión total se mantiene estable entre condiciones, mostrando una leve baja en la versión adaptativa.

Síntesis del Pilar 7 – General Stats (Novatos)

En jugadores novatos, la condición adaptativa muestra descriptivamente una disminución en el tiempo entre checkpoints y una reducción en las muertes totales, junto con una leve disminución en muertes entre checkpoints. Asimismo, se observa un aumento en la precisión con escopeta, mientras que la precisión con blaster y la precisión total global se mantienen estables entre condiciones.

Sin embargo, el análisis inferencial mediante el test de Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre la condición base y adaptativa en ninguna de las métricas analizadas ($p > .05$ en todos los casos), con tamaños de efecto pequeños. Esto indica que, si bien se observan desplazamientos descriptivos consistentes hacia una mayor supervivencia y continuidad del progreso bajo condición adaptativa, estos no alcanzan significancia estadística en la muestra estudiada.

En conjunto, el sistema adaptativo se asocia con una tendencia descriptiva hacia mayor estabilidad y supervivencia global en jugadores novatos, aunque sin evidencia estadística robusta que confirme un efecto significativo en este pilar.

Métrica	Mediana_Base	Mediana_Adap	Delta(Adap-Base)	U	p	effect_r
Precisión Escopeta (%)	3.395454545	6.963636364	3.568181818	11	0.294552	0.323575
Precisión Blaster (%)	20.07272727	20.47363636	0.400909091	24	0.393939	0.27735
Precisión Total (%)	22.39545455	20.79363636	-1.601818182	23	0.484848	0.231125
Tiempo Desde Anterior (s)	224.9545455	131.3377273	-93.61681818	22	0.588745	0.1849
Muertes totales	9.909090909	6.545454545	-3.363636364	22	0.588745	0.1849
Muertes entre checkpoin	2.954545455	2.727272727	-0.227272727	22	0.588745	0.1849

Tabla 10: Resultados del test de Mann–Whitney U para las métricas de General Stats en jugadores novatos

7.5 Comparación del impacto adaptativo según nivel de experiencia

Pilar Orientation

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

El análisis visual comparativo del pilar Orientation permite observar diferencias claras en la magnitud de cambio conductual entre las condiciones Base y Adaptive según el nivel de experiencia. El grupo intermedio es el que presenta la mayor modificación estructural del radar, evidenciada por una deformación amplia de la figura en las tres métricas analizadas. La distancia visual entre ambos polígonos es mayor que en los otros grupos, lo que sugiere una mayor sensibilidad del patrón de comportamiento frente al cambio de condición.

En segundo lugar, el grupo de novatos también muestra una variación considerable en la forma del radar, aunque de manera más uniforme. En contraste, los expertos presentan la menor diferencia visual entre ambas condiciones, manteniendo una estructura relativamente estable. En términos estrictamente geométricos, por tanto, los intermedios son quienes más modifican su comportamiento entre versiones, mientras que los expertos son el grupo más estable.

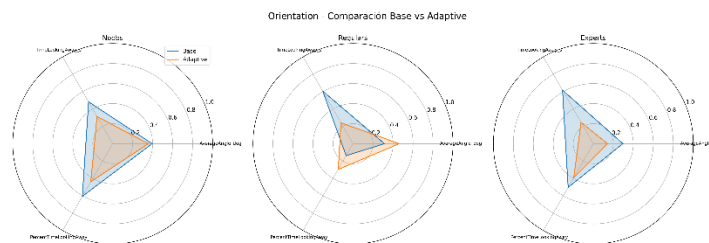


Figura 12: Comparación visual del pilar Orientation entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Trajectory (comparación por nivel).

El análisis visual comparativo del pilar Trajectory evidencia diferencias claras en la magnitud de variación entre las condiciones Base y Adaptive según el nivel de experiencia. El grupo de novatos presenta la mayor deformación estructural del radar, con diferencias amplias en prácticamente todas las métricas, especialmente en Curvature_Normalized y VerticalOscillation, donde la separación entre polígonos es considerable. La figura Adaptive se reconfigura de manera notoria respecto a la Base, indicando una alta sensibilidad conductual frente al cambio de condición.

El grupo intermedio muestra una variación moderada, con diferencias visibles pero más contenidas en comparación con los novatos. En contraste, los expertos presentan la menor deformación geométrica relativa, manteniendo una estructura general similar entre ambas condiciones pese a variaciones puntuales.

En términos estrictamente visuales, por tanto, el orden de magnitud de cambio es: Novatos > Intermedios > Expertos, siendo los jugadores novatos quienes modifican en mayor medida su patrón de trayectoria entre versiones.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

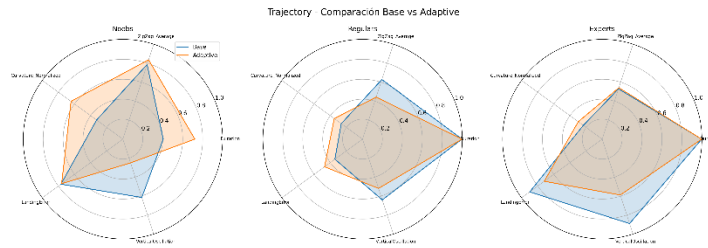


Figura 13: Comparación visual del pilar Trajectory entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Landing (comparación por nivel).

El análisis visual del pilar Landing muestra diferencias claras en la magnitud de variación estructural entre condiciones según nivel de experiencia. El grupo de expertos es el que presenta la mayor deformación geométrica del radar, evidenciada por separaciones amplias entre Base y Adaptive en múltiples métricas, especialmente en PostStabilizationTime_s y PostLandingDrift_m. La figura Adaptive reconfigura de manera notoria el patrón general respecto a la condición Base, indicando una alta variabilidad conductual entre versiones.

El grupo de novatos también exhibe una modificación considerable, con diferencias visibles en varias dimensiones, aunque menos extremas que en expertos. En contraste, los intermedios muestran la menor deformación relativa, manteniendo una estructura más cercana entre ambas condiciones. En términos estrictamente visuales, el orden de magnitud de cambio en este pilar es: Expertos > Novatos > Intermedios, siendo los jugadores expertos quienes más alteran su patrón de aterrizaje entre versiones.

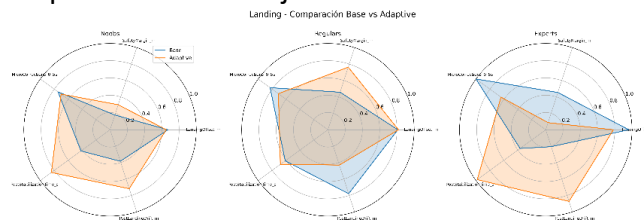


Figura 14: Comparación visual del pilar Landing entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Movement (comparación por nivel).

El análisis visual del pilar Movement evidencia que el grupo de expertos presenta la mayor deformación estructural del radar entre condiciones. La separación entre los polígonos Base y Adaptive es amplia en varias métricas, especialmente en TimeOnPlatform y RelativePositionStd, lo que genera una reconfiguración clara de la figura general. Esto indica una variación conductual significativa en este nivel de experiencia.

El grupo de novatos también muestra una modificación apreciable, particularmente en RelativePositionStd y EdgeRiskTime, aunque con menor magnitud que en expertos. En contraste, los intermedios presentan la menor diferencia visual entre ambas condiciones,

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

manteniendo una estructura más cercana entre los dos polígonos. En términos geométricos, el orden de magnitud de cambio en este pilar es: Expertos > Novatos > Intermedios, siendo los expertos quienes más alteran su patrón de movimiento entre versiones.

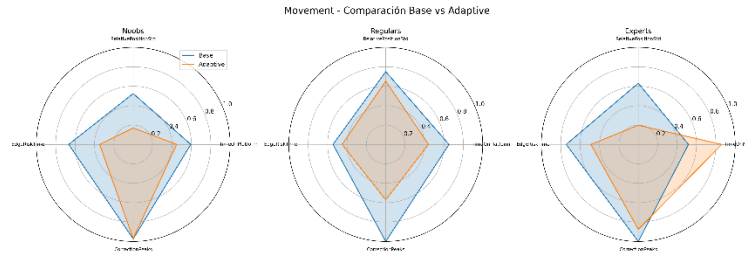


Figura 15: Comparación visual del pilar Movement entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Obstacles (comparación por nivel).

El análisis visual del pilar Obstacles muestra que el grupo de intermedios presenta la mayor deformación estructural del radar entre condiciones. La separación entre los polígonos Base y Adaptive es amplia en las tres métricas (TimeToClear_s, ObstacleTouched y ContactDuration_s), generando una contracción marcada de la figura en la condición Adaptive. La distancia visual entre ambas formas es claramente superior a la observada en los otros niveles.

El grupo de expertos también evidencia una modificación apreciable, aunque de menor magnitud relativa que los intermedios. En contraste, los novatos muestran la menor deformación geométrica entre ambas condiciones, manteniendo una estructura más cercana entre los dos polígonos. En términos estrictamente visuales, el orden de magnitud de cambio en este pilar es: Intermedios > Expertos > Novatos, siendo los jugadores intermedios quienes más alteran su patrón conductual frente a la variación de versión.

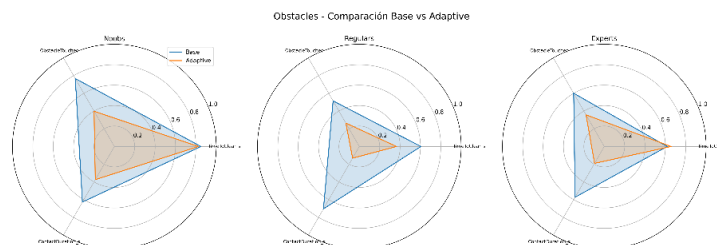


Figura 16: Comparación visual del pilar Obstacles entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Jitter (comparación por nivel).

El análisis visual del pilar Jitter muestra que el grupo de intermedios presenta la mayor deformación estructural entre condiciones. La separación entre los polígonos Base y Adaptive es amplia en prácticamente todas las métricas, especialmente en OvershootCount

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

y JitterVariance, generando una reconfiguración marcada del radar. La distancia visual entre ambas figuras es claramente superior a la observada en los otros niveles de experiencia.

El grupo de novatos también exhibe una modificación considerable, con diferencias notorias en CurrentJitter y JitterPeak, aunque de menor magnitud relativa que en intermedios. En contraste, los expertos muestran la menor deformación geométrica, manteniendo una estructura muy similar entre ambas condiciones y evidenciando una variación conductual limitada. En términos estrictamente visuales, el orden de magnitud de cambio en este pilar es: Intermedios > Novatos > Expertos, siendo los jugadores intermedios quienes más alteran su patrón de estabilidad del control entre versiones.

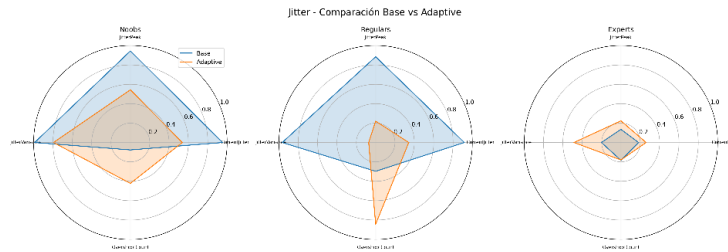


Figura 17: Comparación visual del pilar Jitter entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

Pilar Multitasking (comparación por nivel).

El análisis visual del pilar Multitasking muestra que el grupo de expertos presenta la mayor deformación estructural del radar entre condiciones. La separación entre los polígonos Base y Adaptive es amplia en múltiples métricas, particularmente en LapDuration_s y DeathOccurred, lo que genera una reconfiguración evidente de la figura general. La distancia visual entre ambas formas es mayor que en los otros niveles de experiencia, indicando una variación conductual considerable frente al cambio de versión.

El grupo de novatos también exhibe una modificación apreciable, aunque de menor magnitud relativa, con diferencias visibles pero más contenidas entre ambas figuras. En contraste, los intermedios presentan la menor deformación geométrica, manteniendo una estructura más similar entre Base y Adaptive. En términos estrictamente visuales, el orden de magnitud de cambio en este pilar es: Expertos > Novatos > Intermedios, siendo los jugadores expertos quienes más alteran su patrón de multitarea entre versiones.

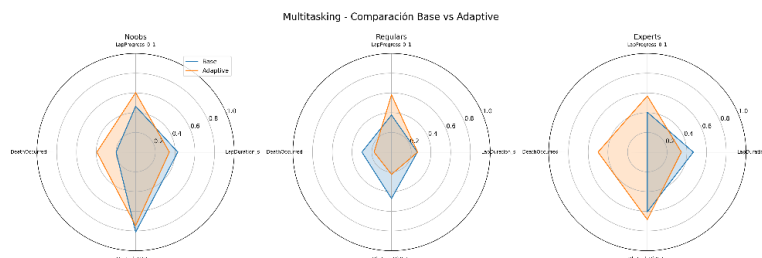


Figura 18: Comparación visual del pilar Multitasking entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Estadísticas generales (comparación por nivel).

El análisis visual del bloque GeneralStats evidencia que el grupo de expertos presenta la mayor deformación estructural del radar entre condiciones. La separación entre los polígonos Base y Adaptive es amplia en las tres métricas, particularmente en Precisión Total (%), donde la diferencia genera una expansión clara de la figura en la condición Adaptive. La distancia visual entre ambas formas es mayor que en los otros niveles, indicando una variación conductual considerable en métricas globales de desempeño.

El grupo de intermedios muestra una modificación intermedia, con diferencias notorias pero más concentradas en métricas específicas. En contraste, los novatos presentan la menor deformación geométrica relativa, manteniendo una estructura más cercana entre ambas condiciones pese a variaciones visibles. En términos estrictamente visuales, el orden de magnitud de cambio en este bloque es: Expertos > Intermedios > Novatos, siendo los jugadores expertos quienes más alteran su patrón global de desempeño entre versiones.

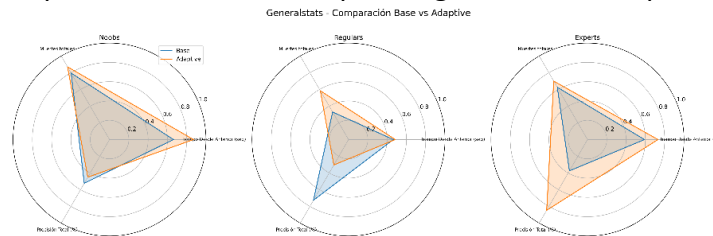


Figura 19: Comparación visual del General Stats entre condiciones Base y Adaptive según nivel de experiencia.

7.6 Resultados subjetivos: cuestionario post test

Esta sección presenta el análisis del cuestionario postexperimental en jugadores clasificados como principiantes (novatos) según el pre-test.

Todas las respuestas fueron registradas en una escala Likert de 1 a 5, donde valores mayores indican mayor intensidad del constructo evaluado. Los valores reportados corresponden al promedio grupal de las respuestas individuales.

Para cada comparación entre condición Base y Adaptive se aplicó el test no paramétrico de Mann-Whitney U.

Los resultados completos de las respuestas individuales pueden consultarse en los Anexos D (Pre-Test) y E (Post-Test).

7.6.1 Percepción de competencia (novatos)

El constructo de percepción de competencia está compuesto por los siguientes ítems:

- Me sentí hábil jugando
- Me sentí competente
- Me sentí exitoso/a

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Me sentí confiado/a en mis habilidades

Análisis por ítem individual

A continuación se presentan las medias por grupo y los resultados del test Mann–Whitney U para cada pregunta.

Ítem	Base (M)	Adaptive (M)	U	p	r
Me sentí hábil jugando	2.17	2.67	14.5	0.52	0.18
Me sentí competente	2.17	3.33	11	0.24	0.34
Me sentí exitoso/a	3.17	3.67	15.5	0.6	0.14
Me sentí confiado/a	2.33	2.5	17.5	0.83	0.07

Tabla 11: Comparación por ítem individual del constructo Percepción de competencia en jugadores novatos según condición experimental.

A nivel descriptivo, la condición adaptativa presenta mayores valores promedio en todos los ítems asociados a competencia.

No obstante, el análisis inferencial mediante Mann–Whitney U no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p > .05$ en todos los ítems), por lo que las diferencias observadas deben interpretarse como tendencias descriptivas.

Análisis por índice compuesto

El índice de percepción de competencia se calculó como el promedio de los cuatro ítems anteriores.

- Base: 2.46
- Adaptive: 3.04

Índice	Base (M)	Adaptive (M)	U	p	r
Competencia	2.46	3.04	10	0.18	0.38

Tabla 12: Comparación del índice compuesto de Percepción de competencia en jugadores novatos

El contraste inferencial no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > .05$).

Sin embargo, la magnitud descriptiva del cambio sugiere una tendencia consistente con el objetivo del sistema adaptativo: incrementar la percepción de competencia durante la fase inicial de aprendizaje.

7.6.2 Frustración (novatos)

El índice de frustración está compuesto por los siguientes ítems:

- Me sentí tenso/a
- Me sentí nervioso/a
- Me sentí presionado/a
- Me sentí irritable
- Me sentí frustrado/a

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Análisis por ítem individual

Ítem	Base (M)	Adaptive (M)	U	p	r
Me sentí tenso/a	4.83	4	13	0.38	0.27
Me sentí nervioso/a	4.33	3.67	14	0.46	0.22
Me sentí presionado/a	3.83	3.33	15.5	0.6	0.14
Me sentí irritable	3.5	3.5	18	0.99	0
Me sentí frustrado/a	4.33	3.67	14.5	0.52	0.18

Tabla 13: Comparación por ítem individual del constructo Frustración en jugadores novatos según condición experimental

Descriptivamente, la condición adaptativa muestra valores ligeramente menores en varios ítems asociados a afecto negativo.

Sin embargo, las comparaciones inferenciales no alcanzan significancia estadística ($p > .05$).

Análisis por índice compuesto

- Base: 4.17
- Adaptive: 3.63

Índice	Base (M)	Adaptive (M)	U	p	r
Frustración	4.17	3.63	13	0.38	0.27

Tabla 14: Comparación del índice compuesto de Frustración en jugadores novatos

Ninguna de las comparaciones individuales alcanza significación estadística ($p > .05$). En el índice compuesto, la media disminuye de 4.17 (Base) a 3.63 (Adaptive). El tamaño de efecto pequeño ($r = .27$) sugiere una tendencia hacia una menor carga emocional negativa bajo la condición adaptativa.

Capítulo 8 – Discusión

En jugadores novatos, la condición adaptativa no genera mejoras uniformes en todas las métricas, sino una reorganización del desempeño motor. El patrón general sugiere que el sistema favorece la continuidad del juego y la progresión, aun cuando ciertos indicadores de estabilidad fina no mejoren inmediatamente. Desde una perspectiva de aprendizaje motor, esto es coherente con fases iniciales donde aumenta la actividad correctiva antes de consolidarse patrones estables.

Aunque la mayoría de comparaciones inferenciales no alcanzan significación estadística ($p > .05$), los patrones descriptivos y algunas magnitudes de efecto sugieren tendencias consistentes. En este sentido, los resultados se interpretan como evidencia exploratoria de que la interfaz modula el desempeño temprano, requiriendo confirmación con muestras mayores.

8.1 Discusión por pilares en jugadores novatos

Trajectory

La adaptación favorece trayectorias más directas y temporalmente eficientes, reduciendo dispersión e indecisión en el avance. Sin embargo, se observa mayor variabilidad vertical, indicando que el control fino no se estabiliza completamente. El sistema parece facilitar la decisión global del desplazamiento sin sustituir la exigencia motora durante la ejecución.

Landing

El efecto no se concentra en mejorar la precisión del punto de caída, sino en la estabilización posterior al aterrizaje. Se reduce el costo de recuperación y los eventos asociados a pérdida de control tras el impacto. La asistencia interviene principalmente en la transición aire-suelo, favoreciendo la autorregulación inmediata más que la corrección anticipada.

Movement

No se evidencia una mejora clara en estabilidad posicional. El comportamiento adaptativo muestra mayor variabilidad espacial y exposición a zonas de riesgo, sugiriendo un patrón más activo o exploratorio. La interfaz no estabiliza el control fino en este pilar, y podría incrementar la activación perceptual en tiempo real.

Obstacles

Se observa una resolución más rápida y continua de obstáculos, aunque acompañada de mayor frecuencia de contacto. La adaptación favorece progresión y fluidez, pero no optimiza la precisión micro-motora. El beneficio se expresa en continuidad del avance más que en “limpieza” técnica.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Jitter

Disminuyen las sobrecorrecciones amplias y desaparecen los casos de abandono, mientras aumenta la actividad micro-correctiva. Este patrón sugiere reducción de errores gruesos y mayor persistencia, aunque sin estabilización completa del control fino. La interfaz modula la magnitud del error sin automatizar el dominio del stick.

Multitasking

La condición adaptativa incrementa la permanencia y el progreso bajo carga simultánea, con leves reducciones en eventos críticos. Sin embargo, persiste un aumento en impactos con obstáculos, replicando el patrón observado previamente: mayor continuidad funcional sin perfección técnica micro.

General Stats

A nivel global, la adaptación mejora supervivencia y progresión entre checkpoints, reduciendo mortalidad y favoreciendo continuidad del flujo de juego. El efecto no transforma radicalmente la precisión técnica, pero optimiza la estabilidad funcional del desempeño.

8.2 Resultados subjetivos en novatos

En el cuestionario post test, al focalizar en novatos, la condición adaptativa incrementa el índice de percepción de competencia (de 2.29 a 3.04) y reduce el índice de frustración (de 4.96 a 4.42). En conjunto con las métricas objetivas, esto apoya la idea de que el sistema funciona como amortiguador parcial de la experiencia inicial: no elimina la dificultad ni homogeneiza el desempeño, pero sí mejora cómo el jugador interpreta su capacidad de avanzar y sostener el desafío.

Esta convergencia es particularmente relevante porque, no todas las áreas presentan mejoras: hay pilares donde el control fino empeora o la variabilidad aumenta. Aun así, los novatos se sienten más competentes y algo menos frustrados, lo que sugiere que parte del aporte del sistema está en **hacer el proceso más tolerable y legible**, más que en optimizar cada métrica motora de forma directa.

La discusión puede plantear que el sistema JUANES parece especialmente efectivo en reducir el ciclo error–frustración–abandono a través de intervenciones que no cambian reglas del juego, sino que facilitan la interpretación del desempeño y la autorregulación posterior a errores. Sin embargo, los resultados también muestran que ciertas asistencias pueden inducir comportamientos más exploratorios o menos conservadores (Movement/Obstacles/Jitter), lo que abre espacio para refinar diseño, con el fin de minimizar costos en estabilidad espacial, contacto y apuntado.

Capítulo 9 - Limitaciones del Estudio

El presente estudio presenta diversas limitaciones metodológicas, técnicas y analíticas que deben ser consideradas al interpretar los resultados obtenidos.

Tamaño y composición de la muestra

El número total de participantes ($n = 28$) constituye una muestra reducida para establecer generalizaciones amplias. Si bien se logró segmentar a los jugadores en tres niveles de experiencia (novatos, regulares y expertos), cada subgrupo quedó compuesto por pocos casos, lo que aumenta la sensibilidad a valores extremos y reduce la estabilidad estadística de las medianas utilizadas en los análisis (marcar una diferencia significativa).

Además, la clasificación por nivel se basa en criterios auto-reportados y antecedentes de experiencia previa, lo que puede introducir variabilidad interindividual no completamente controlada.

Diseño experimental secuencial

El estudio compara una condición base con una condición adaptativa en iteraciones sucesivas. Este diseño puede introducir:

- Efectos de aprendizaje.
- Familiarización progresiva con el entorno.
- Adaptación motora independiente del sistema JUANES.

Aunque se buscó controlar este efecto mediante la comparación segmentada por nivel, no puede descartarse que parte de las mejoras observadas se expliquen por repetición de la tarea y no exclusivamente por el sistema adaptativo.

Interpretación de gráficos radar

El análisis por área de radar corresponde a una interpretación visual cualitativa basada en normalización min-max y medianas por grupo. Este enfoque permite observar patrones estructurales, pero presenta limitaciones:

- La normalización depende del rango combinado base + adaptativo.
- El área visual no corresponde a un cálculo geométrico formal.
- Pequeñas variaciones pueden parecer visualmente relevantes sin ser estadísticamente significativas.

Por tanto, el análisis por radar debe entenderse como descriptivo y complementario, no como evidencia inferencial definitiva.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Naturaleza de las métricas

Algunas métricas pueden capturar comportamientos estratégicos distintos y no necesariamente “mejor” o “peor” desempeño en sentido absoluto. Por ejemplo:

- Mayor tiempo en plataforma puede reflejar cautela estratégica.
- Reducción de micro-correcciones puede indicar estabilidad, pero también menor ajuste fino.
- Variaciones en orientación pueden responder a exploración deliberada del entorno.

Esto implica que la interpretación debe contextualizarse dentro de la dinámica del juego y no solo desde el valor numérico de la métrica.

Interacción entre pilares

El sistema JUANES actúa mediante múltiples mecanismos simultáneos (visuales, musicales y estructurales). No se evaluó de forma aislada el efecto individual de cada componente adaptativo. Por tanto, no es posible atribuir con precisión qué submecanismo produjo cada cambio observado.

Entorno experimental controlado

El estudio se realizó en un entorno específico (FPS experimental con jetpack y plataformas), lo que limita la extrapolación directa a otros géneros, dispositivos o contextos de juego.

Ausencia de análisis longitudinal

El experimento evalúa el impacto en sesiones puntuales. No se midió:

- Transferencia de aprendizaje a largo plazo.
- Retención de habilidades.
- Adaptación tras múltiples sesiones.

Por lo tanto, no puede afirmarse si los efectos observados se consolidan en el tiempo.

Síntesis de las Limitaciones

En conjunto, estas limitaciones indican que los resultados deben interpretarse como evidencia exploratoria y contextualizada. Si bien el estudio permite identificar patrones diferenciales por nivel de experiencia y comportamientos específicos por pilar, no constituye una validación definitiva del sistema adaptativo en términos generalizables.

Capítulo 10 - Conclusión

El presente trabajo abordó una brecha persistente en el diseño contemporáneo de videojuegos tipo FPS: la curva de aprendizaje asociada al **dominio motor en su fase inicial del gamepad** en jugadores con baja experiencia previa. Mientras gran parte de las estrategias industriales se centran en tutorialización explícita o en mecanismos de compensación sistémica (por ejemplo, ajustes de dificultad), esta investigación propuso y evaluó un enfoque conceptualmente distinto: un sistema de **interfaz adaptativa** que interviene en la **mediación perceptual** entre jugador y juego, proporcionando retroalimentación contextual para facilitar la autorregulación del control, **sin modificar la dificultad intrínseca** del desafío.

Para ello, se diseñó e implementó el sistema **JUANES** sobre un entorno experimental desarrollado en Unity (basado en FPS Sample), estructurado como una secuencia de situaciones que operacionalizan dimensiones observables del dominio del control. La propuesta se organizó en pilares funcionales (Orientation, Trajectory, Landing, Movement, Obstacles, Jitter y Multitasking), cada uno con **telemetría dedicada**, un **modelo de evaluación** y una **lógica de activación adaptativa progresiva y reversible**, basada en ventanas temporales y umbrales definidos a partir de observación preliminar. Esta arquitectura permitió una intervención localizada y graduada, coherente con principios de aprendizaje motor: acompañar el desempeño sin sustituirlo y evitando dependencia permanente por sobreasistencia.

Los resultados obtenidos confirman que el impacto de JUANES **no debe interpretarse como una mejora uniforme de todas las métricas**, sino como una **reorganización del desempeño** motor, especialmente visible en jugadores novatos. En este grupo —objetivo principal del sistema— se observan mejoras claras en dimensiones asociadas a **continuidad del progreso** y **estabilidad posterior a eventos críticos**, junto con costos o trade-offs en otras variables de control fino. En particular, el pilar **Landing** muestra el patrón más consistente: la condición adaptativa no desplaza de manera robusta la precisión inicial del aterrizaje hacia un “centro perfecto”, pero sí se asocia a una mejora marcada en la fase posterior al contacto (menor tiempo de estabilización, menor deriva y reducción de fallas y caídas posteriores), lo que sugiere que el sistema es especialmente eficaz como soporte de autorregulación en transiciones aire–suelo, donde los errores suelen encadenarse y amplificar frustración. En **Trajectory**, se aprecia una tendencia a trayectorias más eficientes (menor duración y curvatura) con un aumento paralelo en oscilación vertical, lo que es coherente con un estado de exploración y ajuste activo propio de fases iniciales del aprendizaje motor.

En contraste, algunos pilares reflejan que la presencia de retroalimentación adaptativa puede inducir **comportamientos más exploratorios** o menos conservadores. En **Movement** y **Obstacles**, los resultados en novatos muestran señales de mayor exposición al riesgo o mayor contacto con obstáculos: el sistema parece favorecer una ejecución más resuelta y

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

sostenida, pero no necesariamente más “limpia” en precisión espacial. De forma similar, en **Jitter** se observa una combinación relevante: disminuyen ciertos indicadores de error grueso (como sobrecorrecciones amplias) y disminuye el abandono del pilar en la condición adaptativa, pero aumentan métricas de inestabilidad fina, sugiriendo que el jugador corrige más activamente sin consolidar todavía estabilidad micro-motora. Esta lectura es consistente con la premisa del trabajo: una interfaz adaptativa centrada en mediación puede **facilitar la persistencia y la comprensión del desempeño** incluso cuando el patrón motor aún está en consolidación, especialmente en etapas cognitivas/ asociativas del aprendizaje.

A nivel global, en métricas transversales (General Stats) se observan señales coherentes con el propósito del sistema: en novatos, la condición adaptativa se asocia con **mejoras en supervivencia y progresión** (reducción de muertes totales y menor tiempo entre checkpoints), sin cambios sustantivos en precisión total. Esto refuerza la idea de que JUANES no “gana el juego por el usuario”, sino que contribuye a sostener el avance reduciendo el colapso temprano producto de errores acumulativos y descontrol percibido.

La evidencia subjetiva converge con esta interpretación. En jugadores novatos, la condición adaptativa se asocia con un **aumento relevante en percepción de competencia** y una **disminución en frustración**, aun cuando algunas métricas finas no mejoran e incluso se incrementa la variabilidad en ciertos pilares. Esta convergencia es particularmente importante porque valida el aporte del sistema en la dimensión donde la tesis sitúa su problema central: la barrera inicial no es solo desempeño “objetivo”, sino el ciclo **error–frustración–abandono**. En otras palabras, JUANES muestra potencial como mecanismo de amortiguación de la experiencia inicial, haciendo más legible y tolerable el proceso de aprendizaje motor sin alterar las reglas del desafío.

En términos de contribución, este trabajo aporta: (1) un **modelo modular** para operacionalizar el dominio del gamepad en dimensiones medibles dentro de un FPS; (2) una **arquitectura implementada** de detección y activación adaptativa basada en telemetría en tiempo real, con intervención progresiva y reversible; (3) un **entorno experimental** diseñado como instrumento metodológico para evaluar aprendizaje motor en situaciones representativas del género; y (4) evidencia empírica exploratoria que sugiere que las interfaces adaptativas enfocadas en mediación pueden mejorar la continuidad de juego y la percepción de competencia, incluso cuando el control fino aún no se estabiliza completamente.

No obstante, los resultados deben interpretarse a la luz de las limitaciones reconocidas en el estudio: tamaño muestral reducido y subgrupos pequeños por nivel, diseño cuasi-experimental entre grupos y en iteraciones, sensibilidad a outliers, ausencia de aislamiento del efecto individual de cada componente adaptativo y falta de seguimiento longitudinal para evaluar retención y transferencia de habilidades. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, pero sí delimitan su alcance: la evidencia obtenida es más sólida para afirmar que

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

JUANES **reordena el desempeño y mejora la experiencia percibida en el corto plazo**, que para sostener mejoras generalizables o permanentes del dominio motor.

A partir de ello, se desprenden líneas directas de trabajo futuro: (a) incorporar evaluación longitudinal (múltiples sesiones) para distinguir mejora inmediata versus consolidación real; (b) refinar pilares donde se observaron trade-offs (por ejemplo, reducir carga perceptual o calibrar intensidad/forma del feedback en Movement y Jitter); (c) aislar componentes adaptativos mediante diseños factoriales para atribuir efectos a mecanismos específicos; y (d) ampliar la muestra y replicar el entorno en otros escenarios y mecánicas FPS para evaluar robustez y generalización.

En síntesis, este proyecto demuestra que es viable y metodológicamente defendible diseñar un sistema adaptativo que, en lugar de modificar la dificultad del juego, actúe sobre la interfaz como mediador del aprendizaje motor del gamepad. Los resultados sugieren que el principal aporte de JUANES, especialmente en jugadores novatos, no es “optimizar todas las métricas”, sino **favorecer la continuidad, la recuperación post-error y la percepción de competencia**, reduciendo parcialmente la frustración asociada a la curva de aprendizaje inicial. En esa medida, la tesis contribuye a instalar una perspectiva complementaria al ajuste dinámico de dificultad: la adaptación no como compensación del resultado, sino como apoyo a la construcción progresiva de habilidad real dentro del desafío original.

Referencias

- Anderson, D. I., Magill, R. A., Sekiya, H., & Ryan, G. (2005). Support for an explanation of the guidance effect in motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 37(3), 231–238.
- Andrade, R., Rogerson, M. J., Waycott, J., Baker, S., & Vetere, F. (2019). *Playing Blind: Revealing the World of Gamers with Visual Impairment*. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19)*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300346>
- Antunes, J., & Santana, P. (2018). A study on the use of eye tracking to adapt gameplay and procedural content generation in first-person shooter games. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2), 23. <https://doi.org/10.3390/mti2020023>
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144(1), 77–110.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- Dahl, M., Tryding, M., Heckler, A., & Nyström, M. (2021). Quiet Eye and computerized precision tasks in first-person shooter perspective esports games. *Frontiers in Psychology*, 12, 676591. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.676591>
- Fullerton, T. (2018). *Game design workshop: A playcentric approach to creating innovative games* (4th ed.). CRC Press.
- Gutwin, C., Vicencio-Moreira, R., & Mandryk, R. L. (2016). Does helping hurt?: Aiming assistance and skill development in a first-person shooter game. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY '16)* (pp. 338–349). ACM.
- Hunicke, R. (2005). The case for dynamic difficulty adjustment in games. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '05)*. ACM.
- IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W., & Poels, K. (2013). *The Game Experience Questionnaire (GEQ)*. Eindhoven University of Technology.
- Isbister, K., & Schaffer, N. (Eds.). (2008). *Game usability: Advancing the player experience*. CRC Press.
- Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The concept of flow. In C. R. Snyder & S. J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive psychology* (pp. 89–105). Oxford University Press.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded ed.). Basic Books.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220–244.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

- Patton, J. L., Wei, Y., Bajaj, P., & Scheidt, R. A. (2006). Visuomotor learning enhanced by augmenting instantaneous trajectory error feedback during reaching. *Journal of Neurophysiology*, 95(6), 3373–3383.
- Petancevski, E. L., Fransen, J., & colleagues. (2022). The effect of augmented feedback on the performance and learning of gross motor and sport-specific skills: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*.
- Refai, J. J., Bateman, S., & Fleming, M. W. (2020). External assistance techniques that target core game tasks for balancing game difficulty. *Frontiers in Computer Science*, 2, Article 17. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00017>
- Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344–360.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (5th ed.). Human Kinetics.
- Stafford, T., & Dewar, M. (2014). Tracing the trajectory of skill learning with a very large sample of online game players. *Psychological Science*, 25(2), 511–518.
- Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment*, 3(3), 3.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Vicencio-Moreira, R., Mandryk, R. L., Gutwin, C., & Bateman, S. (2015). Balancing multiplayer first-person shooter games using aiming assistance. In *2014 IEEE Games Media Entertainment (GEM)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GEM.2014.7048070>
- Vicencio-Moreira, R., Mandryk, R. L., Gutwin, C., & Bateman, S. (2014). The effectiveness (or lack thereof) of aim-assist techniques in first-person shooter games. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14)* (pp. 937–946). ACM.
- Víteková, L. (2026). Dynamic difficulty adjustment in serious games. *Information*, 17(1), 96.
- Wolpert, D. M., & Flanagan, J. R. (2001). Motor prediction. *Current Biology*, 11(18), R729–R732.
- Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 77–104.
- Xue, S., Wu, M., Kolen, J., Aghdaie, N., & Zaman, K. A. (2017). Dynamic difficulty adjustment for maximized engagement in digital games. In *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion (WWW '17 Companion)* (pp. 465–471). ACM. <https://doi.org/10.1145/3041021.3054170>
- Zohaib, M. (2018). Dynamic difficulty adjustment (DDA) in computer games: A review. *Complexity*, 2018, Article 5681652.
- Dennett, B. (2011, July 4). *Understanding the Optimal Learning Curves in Games*. bdennett.blogspot.com.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Anexos:

Anexo A: Cuestionario Pre-Test

Pregunta	Instrumento	Escala
Nombre y apellido	Genérico	-
Edad	Genérico	-
Sexo	Genérico	-
¿Cuántas horas a la semana juegas videojuegos, en promedio?	PEL (Player Experience Level)	Catagórica ordinal (rangos, como 0-1, 1-3, etc...)
¿Desde hace cuántos años juegas videojuegos de forma regular?	PEL (Player Experience Level)	Catagórica ordinal (rangos, como 0-1, 1-3, etc...)
¿Qué tan familiarizado/a estás con juegos de disparos en primera persona (FPS)?	PEL (Player Experience Level)	Likert
¿Qué tan familiarizado/a estás con controles tipo gamepad (dual-stick)?	PEL (Player Experience Level)	Likert
¿Qué tan familiarizado/a estás con mecánicas de movimiento aéreo o jetpack en videojuegos?	PEL (Player Experience Level)	Likert
En general, ¿cómo evaluarías tu nivel como jugador/a de videojuegos?	PEL (Player Experience Level)	Alternativas
¿En qué plataforma juegas con mayor frecuencia?	PEL (Player Experience Level)	Alternativas

Anexo B: Cuestionario Post-Test

Pregunta	Instrumento	Escala
Me siento comodo utilizando joystick para jugar	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí hábil jugando.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí competente.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí exitoso/a.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí confiado/a en mis habilidades.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí tenso/a.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí nervioso/a.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí presionado/a.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí irritable.	GEQ (Game Experience Questionnaire)	Likert
Me sentí frustrado.		

Anexo C: Tabla de medias por variable medida en el sistema JUANES

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INTERIOR DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Variable	Valor	Variable	Valor	Variable	Valor	Variable	Valor	Variable	Valor
...

Legajo	LongitudMax_m	LongitudMin_m	LongitudDel_Sec_m	SerieFrecuencia_s	VelocidadMax_mps	AperturaAncho_deg	Micromovimientos_x	Micromovimientos_y	ProfundidadMovimiento_PulsacionesPorSec	ProfundidadDel_x	ProfundidadDel_y	LongitudDel_x	ProfundidadDel_y	AbandonoPor	Filt
hgt1_bone_report	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0

Legajo	LongitudMax_m	LongitudMin_m	LongitudDel_Sec_m	SerieFrecuencia_s	VelocidadMax_mps	AperturaAncho_deg	Micromovimientos_x	Micromovimientos_y	ProfundidadMovimiento_PulsacionesPorSec	ProfundidadDel_x	ProfundidadDel_y	LongitudDel_x	ProfundidadDel_y	AbandonoPor	Filt
hgt1_bone_report	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0

Legajo	LongitudMax_m	LongitudMin_m	LongitudDel_Sec_m	SerieFrecuencia_s	VelocidadMax_mps	AperturaAncho_deg	Micromovimientos_x	Micromovimientos_y	ProfundidadMovimiento_PulsacionesPorSec	ProfundidadDel_x	ProfundidadDel_y	LongitudDel_x	ProfundidadDel_y	AbandonoPor	Filt
hgt1_bone_report	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0

Legajo	LongitudMax_m	LongitudMin_m	LongitudDel_Sec_m	SerieFrecuencia_s	VelocidadMax_mps	AperturaAncho_deg	Micromovimientos_x	Micromovimientos_y	ProfundidadMovimiento_PulsacionesPorSec	ProfundidadDel_x	ProfundidadDel_y	LongitudDel_x	ProfundidadDel_y	AbandonoPor	Filt
hgt1_bone_report	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Jugador	TotalDuration_s	AverageAngle_deg	TimeLookingAway_s	PercentTimeLooking	ReorientationCount	EndedInDeath	AbandonoPilar	Pilar
Jug1_base_expert	1.5397095	38.04399375	0.995417838	0.657910475	0	0	0	0 Orientation
Jug2_base_noob	1.5893745	32.50959125	0.665325388	0.38642675	0	0	0	0 Orientation
Jug3_base_regular	1.443796942	40.12823833	0.922135517	0.6160621	0	0.083333333	0	0 Orientation
Jug4_base_noob	1.5677033	31.95288545	0.614462079	0.363185478	0	0.212121212	0	0 Orientation
Jug5_base_noob	1.447912157	43.3173298	1.078579735	0.722794421	0	0.294117647	0	0 Orientation
Jug6_base_noob	1.7268773	45.106052	1.03211886	0.583157728	0	0.1	0	0 Orientation
Jug7_base_regular	1.558354375	28.9682125	0.605041925	0.36618015	0	0	0	0 Orientation
Jug8_base_regular	1.40911016	32.50959125	0.61260586	0.41224022	0	0.1	0	0 Orientation
Jug9_base_noob	1.673790543	30.59141254	0.657589626	0.360793023	0	0.314265714	0	0 Orientation
Jug10_base_regular	0.731061773	43.18840545	0.444127036	0.565287336	0	0.090909091	0	0 Orientation
Jug11_base_expert	1.5890915	27.3032775	0.532665925	0.291632238	0	0	0	0 Orientation
Jug12_base_expert	1.3792645	37.128985	0.671048	0.473702688	0	0	0	0 Orientation
Jug13_base_regular	1.553749809	37.44816755	0.914534141	0.560788159	0	0.18181822	0	0 Orientation
Jug14_base_noob	1.873322375	41.5625725	1.233155863	0.6403391	0	0	0	0 Orientation
Jug1_adap_noob	1.525888	47.26177704	1.273208517	0.838892615	0	0.203703704	0	0 Orientation
Jug2_adap_expert	1.457462905	39.577146	0.866481005	0.565078345	0	0.2	0	0 Orientation
Jug3_adap_noob	1.636444002	37.08137687	1.026842352	0.600963185	0	0.152173913	0	0 Orientation
Jug4_adap_noob	1.671113	36.03949125	0.790026538	0.444234363	0	0	0	0 Orientation
Jug5_adap_regular	1.530382964	37.31673194	0.816813003	0.499992169	0	0.222222222	0	0 Orientation
Jug6_adap_noob	1.44264426	38.98235197	0.969898951	0.564978173	0	0.2	0	0 Orientation
Jug7_adap_regular	1.779798925	24.95823275	0.410869385	0.215211676	0	0.125	0	0 Orientation
Jug8_adap_noob	1.383151186	46.45158034	1.056898997	0.717030807	0	0.275862069	0	0 Orientation
Jug9_adap_regular	1.574072561	34.74636273	0.799475124	0.517647178	0	0.151515152	0	0 Orientation
Jug10_adap_expert	1.223539938	29.657225	0.489911013	0.402435105	0	0	0	0 Orientation
Jug11_adap_regular	1.61772312	41.84030226	0.885446957	0.514568063	0	0.114285714	0	0 Orientation
Jug12_adap_noob	1.524313	21.35179893	0.39372675	0.254669338	0	0.071428571	0	0 Orientation
Jug13_adap_noob	1.555150846	35.80325923	0.818863438	0.497107254	0	0.076923077	0	0 Orientation
Jug14_adap_expert	1.505844213	25.91686625	0.469404288	0.341572143	0	0	0	0 Orientation

Jugador	Duration	Efficiency_Base	2D_Cat_Average	Convexity_Normalized	MassCenterOffset	LeadInAngle	TotalMass	VerticalDistance	EndedInDeath	AbandonoPilar	Pilar
Jug1_base_expert	1.5397095	0.995417838	0.657910475	0.11100000	0.07010000	0.40701000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug2_base_noob	1.5893745	0.665325388	0.38642675	0.130070	0.224000	0.70741000	17.76975	0.2920000	0	0	0 Orientation
Jug3_base_regular	1.443796942	0.922135517	0.6160621	0.80000000	0.20000000	4.02004000	17.8416625	0.50000000	0.083333333	0	0 Orientation
Jug4_base_noob	1.5677033	0.614462079	0.363185478	0.50000000	0.80000000	5.40000000	17.85340	0.30000000	0.212121212	0	0 Orientation
Jug5_base_noob	1.447912157	1.078579735	0.722794421	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug6_base_noob	1.7268773	0.583157728	0.10000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug7_base_regular	1.558354375	0.36618015	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug8_base_regular	1.40911016	0.41224022	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug9_base_noob	1.673790543	0.360793023	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug10_base_regular	0.731061773	0.565287336	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug11_base_expert	1.5890915	0.291632238	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug12_base_expert	1.3792645	0.473702688	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug13_base_regular	1.553749809	0.560788159	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug14_base_noob	1.873322375	0.6403391	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug1_adap_noob	1.525888	0.838892615	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug2_adap_expert	1.457462905	0.565078345	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug3_adap_noob	1.636444002	0.600963185	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug4_adap_noob	1.671113	0.444234363	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug5_adap_regular	1.530382964	0.499992169	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug6_adap_noob	1.44264426	0.564978173	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug7_adap_regular	1.779798925	0.215211676	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug8_adap_noob	1.383151186	0.717030807	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug9_adap_regular	1.574072561	0.517647178	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug10_adap_expert	1.223539938	0.402435105	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug11_adap_regular	1.61772312	0.514568063	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug12_adap_noob	1.524313	0.254669338	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug13_adap_noob	1.555150846	0.497107254	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation
Jug14_adap_expert	1.505844213	0.341572143	0.00000000	0.10000000	0.10000000	0.10000000	15.442225	0.17170000	0	0	0 Orientation

Anexo D: Tabla de respuesta al formulario Pre-Test

Edad	Sexo	¿Cuántas horas a la semana juegas videojuegos, en promedio? (NO necesariamente con controles tipo Gamepad)	¿Desde hace cuántos años juegas videojuegos de forma regular? (NO necesariamente con controles tipo Gamepad)	Me siento familiarizado/a con juegos de disparos en primera persona (FPS)	Me siento familiarizado/a con controles tipo gamepad	Me siento familiarizado/a con mecánicas de movimiento o aéreo o jetpack en videojuegos	En general, ¿cómo evaluarías tu nivel como jugador/a de videojuegos? (NO necesariamente con controles tipo Gamepad)	¿En qué plataforma juegas con mayor frecuencia? (NO necesariamente con controles tipo Gamepad)	tipo de prueba
24	Mujer	0-1 horas	Menos de 1 año	1	1	1	Principiante	Smartphone (móvil)	base
23	Hombre	1-3 horas	5-10 años	5	5	5	Intermedio	PlayStation	base
24	Hombre	6-10 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	PlayStation	base
23	Hombre	Más de 10 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	Computador / PC	base
24	Hombre	Más de 10 horas	Más de 10 años	2	2	4	Principiante	PlayStation	base
24	Hombre	0-1 horas	3-5 años	5	3	3	Principiante	Computador / PC	base
23	Hombre	6-10 horas	3-5 años	3	3	3	Intermedio	Computador / PC	base

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

21	Mujer	1-3 horas	Más de 10 años	1	2	1	Principiante	Smartphone (móvil)	base
17	Hombre	0-1 horas	Más de 10 años	3	5	5	Intermedio	Nintendo Switch	base
20	Hombre	3-6 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	Computador / PC	base
19	Mujer	0-1 horas	Menos de 1 año	1	1	1	Principiante	Smartphone (móvil)	base
19	Mujer	3-6 horas	5-10 años	4	3	3	Intermedio	Computador / PC	base
24	Hombre	0-1 horas	3-5 años	3	4	3	Intermedio	Smartphone (móvil)	base
19	Mujer	0-1 horas	Menos de 1 año	1	1	1	Principiante	Smartphone (móvil)	base
24	Hombre	Más de 10 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	PlayStation	adaptiva
20	Mujer	0-1 horas	Más de 10 años	3	1	1	Principiante	Smartphone (móvil)	adaptiva
23	Hombre	1-3 horas	5-10 años	4	5	5	Intermedio	PlayStation	adaptiva
24	Mujer	0-1 horas	5-10 años	1	2	2	Principiante	Computador / PC	adaptiva
24	Hombre	3-6 horas	1-3 años	4	5	4	Intermedio	PlayStation	adaptiva
24	Hombre	1-3 horas	5-10 años	1	3	2	Intermedio	PlayStation	adaptiva
21	Hombre	0-1 horas	Más de 10 años	5	5	5	Intermedio	Computador / PC	adaptiva
22	Mujer	6-10 horas	Más de 10 años	3	2	2	Principiante	Computador / PC	adaptiva
17	Mujer	1-3 horas	1-3 años	3	1	1	Principiante	Smartphone (móvil)	adaptiva
22	Hombre	Más de 10 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	Computador / PC	adaptiva
24	Hombre	3-6 horas	Más de 10 años	2	2	4	Principiante	Smartphone (móvil)	adaptiva
24	Hombre	Más de 10 horas	Más de 10 años	5	5	5	Avanzado	PlayStation	adaptiva
17	Hombre	3-6 horas	Más de 10 años	5	5	4	Intermedio	PlayStation	adaptiva
21	Mujer	1-3 horas	Más de 10 años	1	2	1	Principiante	Smartphone (móvil)	adaptiva

Anexo E: Tabla de respuesta al formulario Post-Test

Edad	Sexo	Me siento cómodo utilizando joystick para jugar	Me sentí hábil jugando.	Me sentí competente.	Me sentí exitoso/a.	Me sentí confiado/a en mis habilidades.	Me sentí tenso/a.	Me sentí nervioso/a.	Me sentí presionado/a.	Me sentí irritable.	Me sentí frustrado/a.	tipo de prueba
24	Mujer	3	3	3	4	2	5	4	1	4	5	base
23	Hombre	5	5	5	5	5	1	3	1	1	2	base

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA
EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

24	Hom bre	5	5	5	5	5	4	3	5	2	2	base
24	Hom bre	2	2	2	4	3	5	2	1	4	4	base
23	Hom bre	5	4	5	4	4	2	1	3	1	1	base
23	Hom bre	5	5	5	5	5	3	1	1	1	1	base
24	Hom bre	1	2	2	3	2	5	4	4	3	5	base
21	Muje r	3	2	2	4	2	5	5	4	3	5	base
17	Hom bre	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	base
20	Hom bre	5	4	4	3	4	2	2	1	3	3	base
19	Muje r	2	2	2	1	2	4	4	4	3	2	base
24	Hom bre	1	1	1	1	1	5	5	4	5	5	adapt ive
20	Muje r	2	2	3	5	2	5	5	5	5	5	adapt ive
23	Hom bre	4	1	2	3	3	1	1	2	1	2	adapt ive
24	Muje r	3	2	2	2	2	5	5	3	5	4	adapt ive
24	Hom bre	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	adapt ive
24	Hom bre	5	3	2	2	3	1	4	3	5	4	adapt ive
21	Hom bre	3	3	5	5	5	3	3	1	1	2	adapt ive
22	Muje r	2	4	5	5	4	1	1	1	1	1	adapt ive
19	Muje r	5	3	4	3	4	2	1	1	3	3	base
17	Muje r	4	2	4	2	1	5	4	2	5	5	adapt ive
22	Hom bre	5	5	5	5	5	4	2	1	2	3	adapt ive
24	Hom bre	4	3	3	2	3	4	3	3	2	3	base
24	Hom bre	2	4	4	4	4	3	2	2	2	2	adapt ive
24	Hom bre	5	5	4	5	5	3	2	2	1	2	adapt ive
19	Muje r	3	2	2	3	3	5	5	5	4	4	base
17	Hom bre	4	5	4	4	5	3	2	2	4	2	adapt ive
21	Muje r	3	2	2	4	2	5	5	4	3	5	adapt ive

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ ADAPTATIVA BASADA EN MÉTRICAS PARA EL DOMINIO INICIAL DEL GAMEPAD EN USUARIOS NOVATOS

Anexos F: Tabla de las métricas registradas en sistema JUANES

Pilar	Dimensión teórica	Métrica	Qué operacionaliza funcionalmente	Dirección esperada bajo mejora
Orientation	Precisión visomotora	AverageAngle_deg	Error angular respecto al objetivo	↓ Menor error
Orientation	Precisión visomotora	TimeLookingAway_s	Tiempo desatendiendo el objetivo	↓ Menor tiempo
Orientation	Precisión visomotora	PercentTimeLookingAway	Proporción de desorientación visual	↓ Menor porcentaje
Orientation	Estabilidad atencional	ReorientationCount	Frecuencia de correcciones de mirada	↓ Menor frecuencia
Orientation	Persistencia en tarea	EndedInDeath	Fallo durante el pilar	↓ Menos fallos
Trajectory	Planificación espacial	Duration	Tiempo total del trayecto	↓ Menor duración
Trajectory	Planificación espacial	Curvature_Normalized	Directividad del movimiento	↓ Trayectoria más directa
Trajectory	Corrección lateral	ZigZag_Average	Oscilación lateral	↓ Menor indecisión
Trajectory	Precisión espacial	LandingError	Error respecto al punto objetivo	↓ Menor error
Trajectory	Estabilidad vertical	VerticalOscillation	Variabilidad en eje vertical	↓ Menor oscilación
Landing	Precisión inicial	LandingOffset_m	Error total de aterrizaje	↓ Menor error
Landing	Precisión lateral	LandingOffset_Side_m	Desvío lateral	↓ Menor desvío
Landing	Seguridad espacial	SafetyMargin_m	Distancia a borde	↑ Mayor margen
Landing	Estabilización	PostStabilizationTime_s	Tiempo en recuperar estabilidad	↓ Menor tiempo
Landing	Control postural	PostLandingDrift_m	Deriva tras contacto	↓ Menor deriva
Landing	Fallo motor	LandingFail	Aterrizaje fallido	↓ Menos fallos
Landing	Control fino inmediato	MicroCorrections	Ajustes inmediatos	↓ Menos correcciones excesivas
Landing	Variabilidad previa	PreLandingJitter	Inestabilidad antes del contacto	↓ Menor jitter
Movement	Estabilidad espacial	RelativePositionStd	Variabilidad de posición en plataforma	↓ Menor variabilidad
Movement	Exploración espacial	MaxReach	Alcance máximo en plataforma	Depende del contexto
Movement	Centro de masa	MeanPosition	Ubicación promedio en plataforma	Equilibrio centrado
Movement	Riesgo espacial	EdgeRiskTime	Tiempo en borde	↓ Menor riesgo
Movement	Corrección motora	Corrections	Ajustes de movimiento	↓ Menor sobrecorrección
Movement	Persistencia	PlatformTime	Tiempo en plataforma	↑ Mayor permanencia
Obstacles	Eficiencia temporal	TimeToClear	Tiempo en resolver obstáculo	↓ Menor tiempo
Obstacles	Precisión espacial	ObstacleTouched	Cantidad de contactos	↓ Menos contactos
Obstacles	Control fino	ContactDuration	Duración del contacto	↓ Menor duración
Obstacles	Frecuencia de error	ContactFrequency	Frecuencia de impacto	↓ Menor frecuencia
Obstacles	Localización espacial	ContactPosition	Zona de impacto	Más centrado y seguro
Jitter	Control fino	JitterStd	Variabilidad de micro-movimientos	↓ Menor variabilidad
Jitter	Oscilación global	OscillationMagnitude	Magnitud total de oscilaciones	↓ Menor magnitud
Jitter	Sobrecorrección	OvershootCount	Correcciones amplias	↓ Menos sobrecorrecciones
Jitter	Persistencia	AbandonoPilar	Salida del desafío	↓ Menos abandono
Multitasking	Persistencia bajo carga	LapDuration_s	Duración total bajo carga	↑ Mayor permanencia (con progreso)
Multitasking	Persistencia	AttemptDuration_s	Tiempo total del intento	↑ Mayor permanencia
Multitasking	Progreso	LapProgress_0_1	Avance alcanzado	↑ Mayor progreso
Multitasking	Fallo bajo carga	DeathOccurred	Muerte bajo carga	↓ Menos muertes
Multitasking	Control espacial	MeanDeviation_m	Desviación promedio	↓ Menor desviación
Multitasking	Estabilidad dinámica	SpeedSD_mps	Variabilidad de velocidad	↓ Menor variabilidad
Multitasking	Microajuste	MicroCorrectionsRate	Correcciones por segundo	↓ Menor tasa
Multitasking	Riesgo	ObstacleHitRate	Impactos con obstáculos	↓ Menor tasa
GeneralStats	Supervivencia	TotalDeaths	Muertes totales	↓ Menos muertes
GeneralStats	Estabilidad	DeathsBetweenCheckpoints	Muertes entre hitos	↓ Menos muertes
GeneralStats	Progresión	TimeBetweenCheckpoints	Tiempo entre hitos	↓ Menor tiempo
GeneralStats	Precisión ofensiva	ShotgunAccuracy	Precisión con escopeta	↑ Mayor precisión
GeneralStats	Precisión ofensiva	BlasterAccuracy	Precisión con blaster	↑ Mayor precisión
GeneralStats	Rendimiento global	OverallAccuracy	Precisión total	↑ Mayor precisión