



Universidad de Valladolid

Escuela de Ingeniería Informática de Valladolid

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática

Mención Ingeniería de Software

Del tablero a la pantalla: adaptando "The Portable
Wargame" como juego de ordenador

Autor:

D. Javier de Prada Rojo

Tutor:

Dña. Margarita Gonzalo Tasis

Agradecimientos

Quisiera dar las gracias a mi familia, por la enorme paciencia y cariño que me ha mostrado a lo largo de mi vida. Quiero agradecer especialmente a mis padres, además de por lo anterior, por todo el esfuerzo que han dedicado a hacer posible que yo haya llegado a este punto de mis estudios.

Quiero agradecer también a mi tutora Margarita por apostar por mi proyecto y guiarme durante todo el proceso con una atención, paciencia y generosidad que cualquier estudiante podría envidiar. Gracias a ella me ha sido posible dedicar mi trabajo a un tema que me apasiona.

Resumen

El presente proyecto desarrolla un juego de ordenador de estrategia por turnos basado en el juego de guerra “The Portable Wargame” de Bob Cordery. Se utiliza la herramienta GameMaker como motor de juego y entorno de desarrollo, junto con una metodología ágil basada en el marco de trabajo Scrum para organizar las fases de desarrollo.

Con esta adaptación del juego original al medio digital, elevamos su atractivo visual y su accesibilidad, además de ofrecer la posibilidad de jugar contra un adversario controlado por la máquina. De esta manera, expandimos el alcance del juego a la enorme comunidad de jugadores de videojuegos.

Abstract

This project develops a turn-based strategy computer game based on Bob Cordery’s “The Portable Wargame”. The GameMaker tool is employed as game engine and development environment, alongside an agile methodology based on the Scrum framework to organize the development phases.

With this adaptation of the original game into the digital medium, we elevate its visual appeal and accessibility, as well as offer the option to play against a computer-controlled adversary. In doing so, we expand the game’s reach to the vast gaming community.

Índice general

1. Introducción	13
1.1. Contexto	13
1.1.1. Los juegos de mesa	13
1.1.2. Los juegos de guerra napoleónicos	15
1.1.3. Los videojuegos de estrategia por turnos napoleónicos	20
1.2. Motivación.....	23
1.3. Objetivos	24
1.3.1. Objetivos del proyecto:	24
1.3.2. Objetivos personales:	24
1.4. Estudio de mercado	25
1.4.1. Juegos de estrategia por turnos sobre cuadrícula con la misma temática:	25
1.4.2. Juegos de estrategia por turnos sobre cuadrícula:	26
1.4.3. Juegos de estrategia de tiempo real con la misma temática:	32
1.4.4. Videojuegos que adaptan varios juegos de mesa:	34
1.4.5. Conclusiones sobre el estudio de mercado	35
2. Planificación del proyecto	37
2.1. Metodología	37
2.2. Planificación prevista de los sprints	38
2.3. Análisis de Riesgos	38
2.4. Seguimiento	43
2.5. Presupuesto	52
3. Análisis	53
3.1. Actores y roles	53
3.2. Requisitos	53
3.2.1. Requisitos funcionales	53
3.2.2. Reglas de negocio	54
3.2.3. Requisitos no funcionales.....	54
3.2.4. Requisitos de información	54
3.3. Casos de uso	55

3.3.1. Diagrama de casos de uso.....	55
3.3.2. Descripción textual de los casos de uso	56
3.3.3. Realización en análisis de los casos de uso	59
3.4. Modelo de dominio.....	67
4. Diseño.....	69
4.1. Arquitectura del sistema.....	69
4.2. Patrones de diseño	70
4.3. Diagramas de Diseño	71
4.3.1. Decomposition Style.....	71
4.3.2. Uses Style	71
4.3.3. Despliegue	72
4.4. Diseño de la interfaz	72
5. Implementación	85
5.1. Herramientas utilizadas.....	85
5.2. Implementación del juego en GameMaker	87
5.2.1. Objetos	87
5.2.2. Animaciones, alarmas y pausas	90
5.2.3. Línea de visión y obtención de opciones de ataque	90
5.2.4. Interacciones entre objetos	91
5.2.5. Algoritmo para obtención de opciones de movimiento	92
5.2.6. Opciones de enemigos: Jugador o CPU	93
5.2.7. Elaboración de sprites	96
6. Pruebas.....	99
6.1. Pruebas a lo largo del desarrollo	99
6.2. Pruebas de aceptación por cada caso de uso	99
6.3. Evaluación de usabilidad de la interfaz.....	104
7. Conclusiones y futuras aplicaciones	109
7.1. Cumplimiento de los objetivos.....	109
7.2. Futuras mejoras	109

Índice de figuras

Figura 1: Juego de Senet. Museo de Brooklyn [1].....	13
Figura 2: Juego Real de Ur. Museo británico de Londres [2].....	14
Figura 3: Juego de Ajedrez Rio Staunton de House of Chess [3]	14
Figura 4: Juego de Chaturaji, versión de 4 jugadores de Chaturanga [4].....	15
Figura 5: Ejercicio de juego de guerra en el seminario de la escuela de Guerra del Ejercito de Estados Unidos, 2020 [6]	16
Figura 6: Un tablero de juego utilizado para el juego de Hellwig, 1780 [8]	16
Figura 7: Ilustración del juego Polemos del periódico Illustrated London News, 1883 [9]	17
Figura 8: La conquête du Monde, una versión inicial del clásico Risk, 1957 [11]	18
Figura 9: Contenidos del juego War & Peace, 1980 [14]	18
Figura 10: Partida de Volley & Bayonet con miniaturas a escala de 15mm [19]	19
Figura 11: Tablero de Ian Dury para The Portable Wargame, mostrado en SALUTE 2012 [21]	19
Figura 12: Partida del juego Empire, 1972 [24]	20
Figura 13: Partida de Napoleon's Campaigns: 1813 & 1815, 1981 [25]	21
Figura 14: Una sección de un campo de batalla en Campaign Eckmuhl, 2001 [26]	21
Figura 15: Dos ejércitos enfrentados en Total War: Napoleon [31].....	22
Figura 16: Partida de Napoleon's Eagles, 2023 [32]	22
Figura 17: Prototipo de The Portable Wargame con componentes al alcance de cualquier persona ...	23
Figura 18: Otra partida de Napoleon's Eagles [32].....	25
Figura 19: Mapa estratégico con sprites sencillos de Wargroove, 2019 [34].....	26
Figura 20: Partida de SOVL usando la opción de gráficos detallados, 2025 [37].....	27
Figura 21: Batalla de Field of Glory II: Medieval, 2021 [39]	28
Figura 22: Batalla de Battle Brothers, 2017 [41]	29
Figura 23: Turno del jugador en una misión de XCOM 2, 2016 [43]	29
Figura 24: Gráficos en perspectiva isométrica de Xenonauts 2, 2023 [44]	30
Figura 25: Una misión de Into the Breach, 2018 [45]	31
Figura 26: Fase de preparación en una misión de Lock n' Load Tactical Digital, 2020 [46]	32
Figura 27: Batalla del juego Scourge of War Remastered, 2024 [29]	33
Figura 28: Otro batalla de Total War: NAPOLEON, 2010 [30]	33
Figura 29: Partida de Póker en Tabletop Simulator, 2015 [47].....	34
Figura 30: Partida de CATAN en Board Game Arena, añadido en 2022 [48]	35
Figura 31: Diagrama de casos de uso	55
Figura 32: Realización en análisis del CU 1. Iniciar partida.	59
Figura 33: Realización en análisis del CU2. Pausar juego	60
Figura 34: Realización en análisis del CU3. Acceso a opciones	61
Figura 35: Realización en análisis del CU4. Ver manual	61
Figura 36: Realización en análisis del CU5. Jugada	62
Figura 37: Realización en análisis del CU6. Movimiento de unidad	63
Figura 38: Realización en análisis del CU7. Ataque a distancia.....	64

Figura 39: Realización en análisis del CU8. Carga a un enemigo	65
Figura 40: Realización en análisis del CU9. Cálculo de daño	66
Figura 41: Realización en análisis del CU4. Ver manual	66
Figura 42: Modelo de dominio	67
Figura 43: Diagrama explicativo de los elementos de la arquitectura orientada a eventos	69
Figura 44: Explicación visual de una de las variantes comunes de bucle de juego, por Robert Nystrom	70
Figura 45: Decomposition style general	71
Figura 46: Uses style general	71
Figura 47: Diagrama de despliegue	72
Figura 48: Diseño de interfaz, menú principal	74
Figura 49: Diseño de interfaz, submenú de partida	74
Figura 50: Diseño de interfaz, menú de configuración	75
Figura 51: Diseño de interfaz, créditos	75
Figura 52: Diseño de interfaz, final de turno con unidades activadas	76
Figura 53: Diseño de interfaz, anuncio de un nuevo turno	76
Figura 54: Diseño de interfaz, comienzo de nuevo turno con unidades rojas por activar	76
Figura 55: Diseño de interfaz, comienzo de jugada con casillas señaladas	77
Figura 56: Diseño de interfaz, camino óptimo entre la unidad y la casilla del cursor	77
Figura 57: Diseño de interfaz, fin de movimiento de unidad en una casilla adyacente a un enemigo ...	78
Figura 58: Diseño de interfaz, carga a la unidad enemiga le obliga a retroceder	78
Figura 59: Diseño de interfaz, carga a la unidad enemiga resulta en su eliminación	79
Figura 60: Diseño de interfaz, camino hasta una casilla no adyacente a un enemigo	79
Figura 61: Diseño de interfaz, selección de orientación tras mover la unidad	80
Figura 62: Diseño de interfaz, la unidad gira a la dirección seleccionada	80
Figura 63: Diseño de interfaz, opción señalada para el ataque a distancia	80
Figura 64: Diseño de interfaz, el ataque a distancia hace retroceder al enemigo	81
Figura 65: Diseño de interfaz, el ataque a distancia elimina al enemigo	81
Figura 66: Diseño de interfaz, selección de unidad de artillería	82
Figura 67: Diseño de interfaz, el ataque a distancia de artillería se desvía	82
Figura 68: Diseño de interfaz, fin de partida y anuncio del ganador	83
Figura 69: Diseño de interfaz, menú de pausa	83
Figura 70: Logo de GameMaker	85
Figura 71: Logo de GIMP	85
Figura 72: Logo de Astah Professional	86
Figura 73: Logo de Figma	86
Figura 74: Logo de Microsoft Office Word	86
Figura 75: Logo de Microsoft Office Excel	86
Figura 76: Logo de GitHub	87
Figura 77: Logo de Microsoft Teams	87
Figura 78: Ejemplo de código del objeto obj_facingButton	88
Figura 79: Árbol de estructura de las UI layers	89

Figura 80: Interacciones entre los objetos	91
Figura 81: Captura del juego con unidad seleccionada, con los mismos indicadores visuales en el turno del Jugador como el de la máquina	94
Figura 82: Elaboración y uso de la lista ponderada de opciones de ataque weightedOptions.....	95
Figura 83: Sprites de artillería francesa (equipo 1).	97
Figura 84: Comparativa entre sprites para la caballería.....	98
Figura 85: Sección de configuración del menú	98
Figura 86: Boceto de animaciones de combate descartadas.....	110
Figura 87: Acuerdo de licencia del instalador	117
Figura 88: Elección de componentes del instalador.....	117
Figura 89: Elección de ubicación de instalación	118
Figura 90: Proceso de instalación	118
Figura 91: Pantalla de instalación finalizada.....	118
Figura 92: Menú principal	119
Figura 93: Menú de partida	119
Figura 94: Menú de configuración	120
Figura 95: Menú de pausa.....	121
Figura 96: Interfaz de la partida.....	121
Figura 97: Controles para seleccionar unidad.....	122
Figura 98: Controles para cancelar jugada	122
Figura 99: Controles para mover unidad.....	123
Figura 100: Controles para elegir orientación de la unidad	123
Figura 101: Controles de atacar a unidad enemiga	123
Figura 102: Controles para entrar en menú de pausa	123
Figura 103: Las unidades de infantería y artillería están en casillas adyacentes al comandante, mientras que la unidad de caballería no	124
Figura 104: Una línea azul traza por qué casillas pasa la unidad para moverse a su destino	125
Figura 105: Flechas para elegir la orientación de la unidad	125
Figura 106: Ángulo de 90 grados de visión ilustrado. La unidad azul puede disparar al enemigo de la izquierda, pero no al de arriba porque está fuera del ángulo de 90 grados	126
Figura 107: Ataque a distancia.....	127
Figura 108: Carga a enemigo.....	127
Figura 109: La unidad de artillería tiene línea de visión a la unidad enemiga de la derecha, pero no a la que está encima de la casa. Aun así puede disparar a ambas.....	128
Figura 110: Unidad de infantería	128
Figura 111: Unidad de caballería.....	129
Figura 112: Unidad de artillería	129
Figura 113: Unidad comandante.....	129
Figura 114: Terreno bosque.....	130
Figura 115: Terreno casa.....	130
Figura 116: Terreno camino	130
Figura 117: Terreno cultivos	130

Índice de tablas

Tabla 1: Planificación de Sprints.....	38
Tabla 2: Tabla de riesgos	42
Tabla 3: Seguimiento del sprint 1	43
Tabla 4: Seguimiento del sprint 2	43
Tabla 5: Seguimiento del sprint 3	44
Tabla 6: Seguimiento del sprint 4	44
Tabla 7: Seguimiento del sprint 5	45
Tabla 8: Seguimiento del sprint 6	45
Tabla 9: Seguimiento del sprint 7	45
Tabla 10: Seguimiento del sprint 8	46
Tabla 11: Seguimiento del sprint 9	46
Tabla 12: Seguimiento del sprint 10	47
Tabla 13: Seguimiento del sprint 11	48
Tabla 14: Seguimiento del sprint 12	48
Tabla 15: Seguimiento del sprint 13	49
Tabla 16: Seguimiento del sprint 14	50
Tabla 17: Seguimiento del sprint 15	50
Tabla 18: Seguimiento del sprint 16	51
Tabla 19: Seguimiento del sprint 17	51
Tabla 20: Cálculo del coste de la planificación inicial y la planificación real	52
Tabla 21: Descripción textual del caso de uso 1. Iniciar partida	56
Tabla 22: Descripción textual del caso de uso 2. Pausar juego.	56
Tabla 23: Descripción textual del caso de uso 3. Acceso a opciones	56
Tabla 24: Descripción textual del caso de uso 4. Ver manual	57
Tabla 25: Descripción textual del caso de uso 5. Jugada	57
Tabla 26: Descripción textual del caso de uso 6. Movimiento de unidad.....	57
Tabla 27: Descripción textual del caso de uso 7. Ataque a distancia	58
Tabla 28: Descripción textual del caso de uso 8. Carga a un enemigo	58
Tabla 29: Descripción textual del caso de uso 9. Cálculo de daño	58
Tabla 30: Descripción textual del caso de uso 10. Ver créditos	58
Tabla 31: Prueba de caja negra 1. Iniciar partida vs. Jugador	99
Tabla 32: Prueba de caja negra 2. Iniciar partida vs. CPU	99
Tabla 33: Prueba de caja negra 3. Cancelar inicio partida	100
Tabla 34: Prueba de caja negra 4. Pausar y reanudar partida.....	100
Tabla 35: Prueba de caja negra 5. Pausar y salir de la partida	100
Tabla 36: Prueba de caja negra 6. Acceso y cambio de opciones	100
Tabla 37: Prueba de caja negra 7. Acceso y cancelación del cambio de opciones.....	100
Tabla 38: Prueba de caja negra 8. Acceso al manual.....	101

Tabla 39: Prueba de caja negra 9. Jugada en mitad del turno	101
Tabla 40: Prueba de caja negra 10. Jugada final del turno	101
Tabla 41: Prueba de caja negra 11. Jugada final de la partida.....	101
Tabla 42: Prueba de caja negra 12. Opciones de jugada de infantería	102
Tabla 43: Prueba de caja negra 13. Opciones de jugada de caballería.....	102
Tabla 44: Prueba de caja negra 14. Opciones de jugada de artillería	102
Tabla 45: Prueba de caja negra 15. Opciones de jugada de comandante	103
Tabla 46: Prueba de caja negra 16. Mover y girar unidad	103
Tabla 47: Prueba de caja negra 17. Mover unidad hasta un enemigo	103
Tabla 48: Prueba de caja negra 18. Mover artillería.....	103
Tabla 49: Prueba de caja negra 19. Disparo de infantería o caballería	104
Tabla 50: Prueba de caja negra 20. Disparo de artillería	104
Tabla 51: Prueba de caja negra 21. Carga a un enemigo	104
Tabla 52: Prueba de caja negra 22. Acceso a créditos	104
Tabla 53: Respuestas al cuestionario de la prueba de usabilidad	106
Tabla 54: Lista y cumplimiento de los objetivos del proyecto.....	109

1. Introducción

1.1. Contexto

Para comprender el dominio del proyecto, es necesario atender a tres consideraciones: los juegos de mesa, los juegos de guerra y los videojuegos de estrategia de guerra.

1.1.1. Los juegos de mesa

Los juegos de mesa han formado parte de las actividades recreativas de la civilización desde el comienzo de su historia. Una de las más antiguas pruebas de la posible existencia de este pasatiempo tuvo origen en la ciudad neolítica de Ain Ghazal, donde se encontraron restos de tableros de hace 8000 años de forma semejante a un tablero de Mangala [1], uno de los juegos de mesa más antiguos.

No obstante, el juego de mesa más antiguo del que se tienen pruebas seguras y cuyo nombre se conoce, es el Senet, un juego del antiguo Egipto que data de antes del 3000 a.C. en el que el jugador debe atravesar el inframundo evitando sus peligros como parte del juicio de Osiris [1].

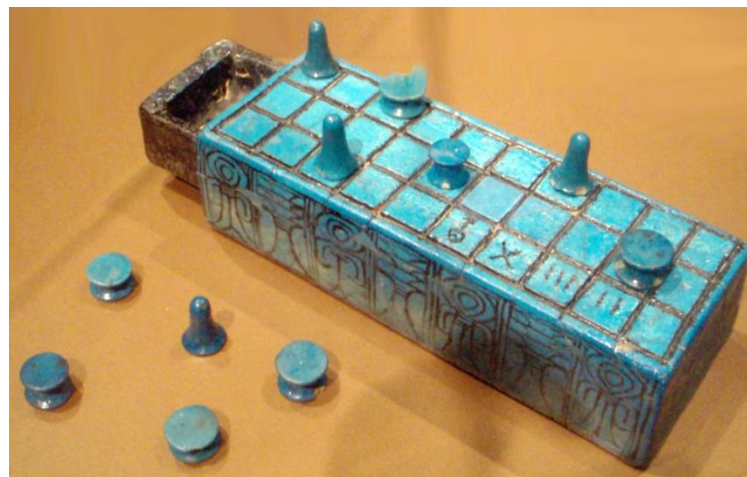


Figura 1: Juego de Senet. Museo de Brooklyn [1]

Otro ejemplo es el Juego Real de Ur, originario de la antigua ciudad sumeria del mismo nombre en la Baja Mesopotamia, y cuyo ejemplar mejor conservado se dató en 2600 a.C [1].



Figura 2: Juego Real de Ur. Museo británico de Londres [2]

A pesar de los enormes avances tecnológicos y las diferencias culturales que han surgido a lo largo de los años, los componentes y principios fundamentales de los juegos de mesa no han experimentado muchos cambios desde sus orígenes. La presencia de dados para representar de forma abstracta las decisiones de personajes ficticios o de eventos impredecibles, las fichas que representan objetos, estados o a los mismos jugadores, y tableros con casillas que delimitan su movimiento, son solo algunos ejemplos de elementos de juego que siguen divirtiendo al ser humano con la misma efectividad que cuando fueron inventados.

Se podrían dedicar muchas páginas a listar juegos de mesa que merecen una mención por su influencia y ubicuidad en las casas de todo tipo de familias, pero si se debe mencionar solo uno, es necesario que sea el Ajedrez, el juego de mesa más jugado en el mundo. Prueba de que un reglamento sencillo puede ofrecer una profundidad ilimitada, se trata de uno de los favoritos tanto para partidas amistosas como para torneos competitivos de renombre.



Figura 3: Juego de Ajedrez Rio Staunton de House of Chess [3]

Existen varias historias acerca de la creación explícita del Ajedrez, pero se sabe que fue una evolución del juego indio muy anterior llamado Chaturanga. El juego actual debe su existencia a numerosos intercambios culturales, pasando por la versión persa llamada Chatranj, seguida de la primera versión española popularizada en el Libro de los Juegos de Alfonso X el Sabio, y experimentando muchos otros cambios hasta finalmente llegar a la versión actual, cuyas reglas vienen explicadas en el libro *El noble juego del ajedrez* de Philip Stamma de Aleppo, en 1737 [1].



Figura 4: Juego de Chaturaji, versión de 4 jugadores de Chaturanga [4]

Quizás uno de los rasgos más característicos del ajedrez es su propuesta estratégica y temática bélica. Una partida representa una batalla entre dos bandos, a través de piezas con distintos roles que responden a necesidades distintas del combate, y cada jugador debe hacer uso de maniobras para eliminar al rey del equipo rival.

Pero, ¿hace esto al ajedrez un juego de guerra?

1.1.2. Los juegos de guerra napoleónicos

Si bien no hay una definición única de lo que es un juego de guerra (en inglés, *Wargame*), podemos definirlo como un subgénero de juego de mesa de estrategia con temática bélica, en el que los jugadores controlan tropas y/o recursos, y toman decisiones en base a los resultados de sus decisiones anteriores en la simulación de un conflicto. El propósito del juego puede ser el entrenamiento y la experimentación de estos escenarios, o la diversión de los jugadores implicados. [5]



Figura 5: Ejercicio de juego de guerra en el seminario de la escuela de Guerra del Ejército de Estados Unidos, 2020 [6]

A primera vista, puede parecer que el ajedrez cumple esta definición, ya que los jugadores manejan las tropas de dos bandos en combate en respuesta al turno anterior de su rival. Sin embargo, a pesar de que el ajedrez se inspira en conflictos reales para sus mecánicas de juego, no busca ofrecer una simulación (con menor o mayor grado de abstracción) de dichos conflictos, y por ello no es considerado popularmente como parte del género de juegos de guerra.

En 1780 se publicó lo que se considera como el primer juego de guerra moderno, el adecuadamente (si bien no brevemente) nombrado “Un intento de juego táctico basado en el ajedrez entre dos o más personas” (*Versuch eines aufs Schachspiel gebaueten taktischen Spiels von zwey und mehrern Personen zu spielen*), a manos de Johann Christian Ludwig Hellwig en Prusia, 1780. Este juego no solo buscaba entretener a los apasionados del hobby, sino también servir como medio para enseñar estrategia militar a futuros oficiales del ejército. Esto se reflejaba en el tamaño del juego, consistente en 1666 casillas cada una con un indicador de facilidad de movimiento, y fichas que representan un grupo de soldados con una capacidad de movimiento distinta según su tipo. [7]

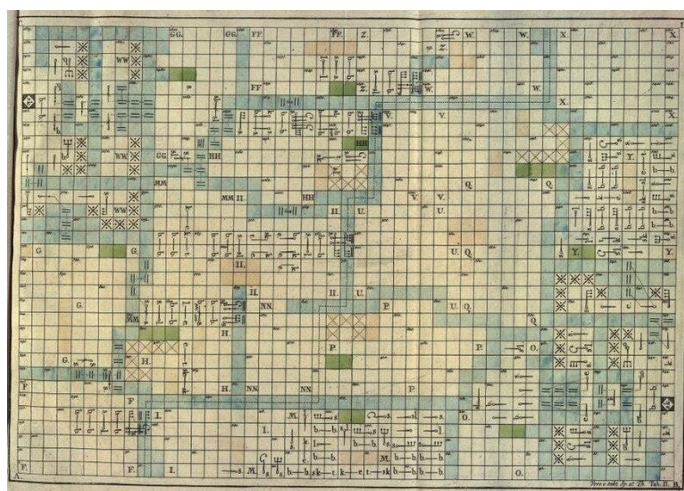


Figura 6: Un tablero de juego utilizado para el juego de Hellwig, 1780 [8]

A comienzos del siglo XIX el ejército prusiano había incorporado este género de juego a su entrenamiento militar a través del juego Kriegsspiel, una evolución del planteamiento anterior que adquirió una popularidad muy superior a su antecesor a lo largo de numerosas versiones. [7] Resulta difícil evaluar la efectividad exacta de este tipo de entrenamiento, pero la victoria de Prusia en la Guerra Franco-Prusiana llevó a otros países a adoptar el mismo modelo, y a otros países a crear su propia versión de Kriegsspiel, lo cual desembocaría en muchos otros juegos del mismo género, como Strategonon (1830) o Polemos, el Nuevo Juego de la Guerra (1833). [9]

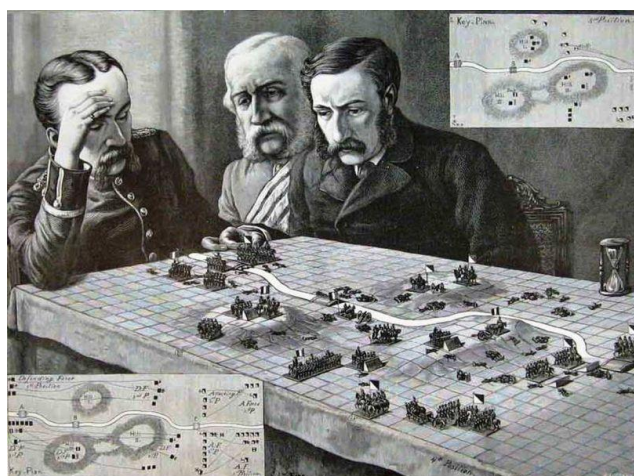


Figura 7: Ilustración del juego Polemos del periódico Illustrated London News, 1883 [9]

El sentimiento antibélico que siguió a la Primera Guerra Mundial (1914 – 1918) provocó una ligera pérdida de popularidad del género durante los años veinte. [9] Además, generalmente los juegos de guerra han pretendido adaptar los escenarios de su tiempo, modificando las reglas y añadiendo nuevas unidades para reflejar el armamento y las estrategias del momento. Debido a esto, los juegos de guerra napoleónicos no experimentarían un regreso a la popularidad hasta que empezó a volverse más común la simulación de temáticas históricas pasadas.

Otras formas de entretenimiento aprovecharían este vacío lúdico, entre ellos los atemporales juegos de mesa. Juegos como el Risk (1957) (en su momento llamado “*La Conquête du Monde*”) [10], a pesar de no ser juegos de guerra, ayudarían a traer de vuelta la temática napoleónica al público y a despertar el interés de muchos en la estrategia de temática militar.



Figura 8: La conquête du Monde, una versión inicial del clásico Risk, 1957 [11]

Napoleon's Last Battles (1976) [12], 18 giugno 1815: Waterloo (1980) [13] y War & Peace (1980) [14] son algunos ejemplos de cómo la industria de los juegos de guerra tomó inspiración de la presentación de los juegos de mesa para crear juegos visualmente interesantes con materiales más minimalistas (algo que los haría más accesibles al público general), haciendo uso de fichas para representar unidades sobre un mapa dibujado, con casillas de forma hexagonal en vez de rectangular.

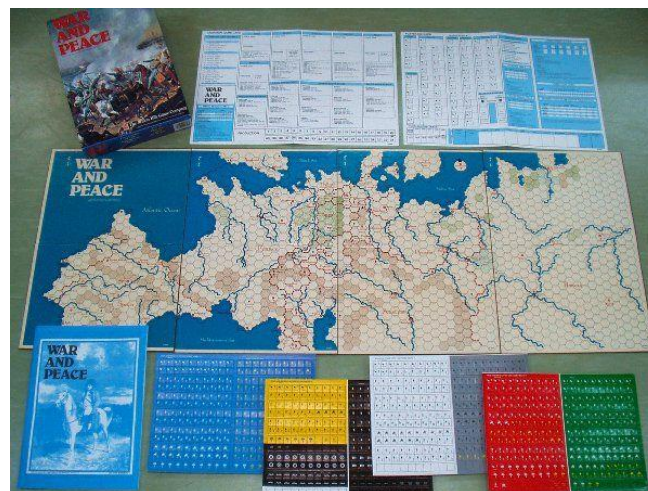


Figura 9: Contenidos del juego War & Peace, 1980 [14]

El uso de miniaturas para representar a las tropas reemplazaría al uso de fichas como la opción más popular en el mercado desde algún momento del XX hasta hoy. [7] Esto vendría acompañado de una tendencia a abandonar el uso de casillas para señalar las distancias por medidas precisas en pulgadas o centímetros, permitiendo una mayor libertad de movimiento pero ralentizando el ritmo del juego en el proceso.

Algunos ejemplos de estos juegos son Volley & Bayonet (1994) [15], The Age of Eagles (2005) [16], Black Powder (2009) [17] y Absolute Emperor (2021) [18], si bien existen muchos más.



Figura 10: Partida de Volley & Bayonet con miniaturas a escala de 15mm [19]

A pesar de esta tendencia, los juegos de guerra napoleónicos con casillas y fichas (comúnmente conocidos como “*hex & counter*”, en el caso de aquellos con casillas hexagonales) siguen siendo una opción atractiva para muchos jugadores, con lanzamientos que hoy en día siguen a la venta como *Command & Colors: Napoleonics* (2010) [20].

Otro ejemplo, y base fundamental de este proyecto, es *The Portable Wargame* de Bob Cordery (2017) [9]. Frente a la simulación exhaustiva de muchos otros, *The Portable Wargame* busca encapsular la profundidad táctica, la diversión y otros elementos fundamentales de los juegos de guerra en un sistema simple y atractivo, fácil de aprender y fácil de jugar a través de un tablero de casillas cuadradas o hexagonales (en principio de 8x8, si bien se puede expandir y existen variantes de otros formatos), tiradas de un solo dado de seis lados para decidir los resultados de las acciones, y un conjunto de reglas inicialmente orientadas a conflictos del siglo XIX y XX pero que han dado lugar a una gran cantidad de adaptaciones para batallas de todo tipo de trasfondos.



Figura 11: Tablero de Ian Dury para The Portable Wargame, mostrado en SALUTE 2012 [21]

Pese a disponer de una mayor variedad de reglamentos que nunca, los juegos de guerra han permanecido un mercado relativamente nicho, menos extendido que los juegos de mesa o que los reyes actuales del entretenimiento bélico: los videojuegos.

1.1.3. Los videojuegos de estrategia por turnos napoleónicos

Resulta fácil comprender por qué los videojuegos de guerra se han convertido en la forma preferida de muchas personas para recrear conflictos históricos y ficticios como entretenimiento. La capacidad de los ordenadores (incluyendo las videoconsolas) para mostrar un entorno virtual de gran fidelidad visual, simular el comportamiento de soldados, así como de tomar decisiones y calcular resultados con una velocidad incomparable, ofrece a los jugadores una experiencia rápida, cómoda y espectacular.

Estas ventajas son, por supuesto, el resultado de varias décadas de avances en los propios ordenadores así como en las técnicas de los desarrolladores de videojuegos, ya que los comienzos de los juegos de ordenador de estrategia fueron más humildes (respecto a hoy, siendo proyectos muy ambiciosos en su tiempo).

Pese a no tener temática napoleónica, es importante mencionar por sus aportaciones al género a uno de los primeros videojuegos de estrategia por turnos con temática bélica, *Empire* (1972) de Peter Langston [22]. Se trata de un juego de estrategia 4X (Explorar, Expandir, Explotar, Exterminar) por turnos donde los jugadores manejan tropas para explorar un mapa, obtener suministros y eliminar al ejército del rival. De este mismo subgénero saldría *Civilization* (1991) de Sid Meier [23], una franquicia que hoy en día sigue sacando juegos nuevos de gran popularidad.

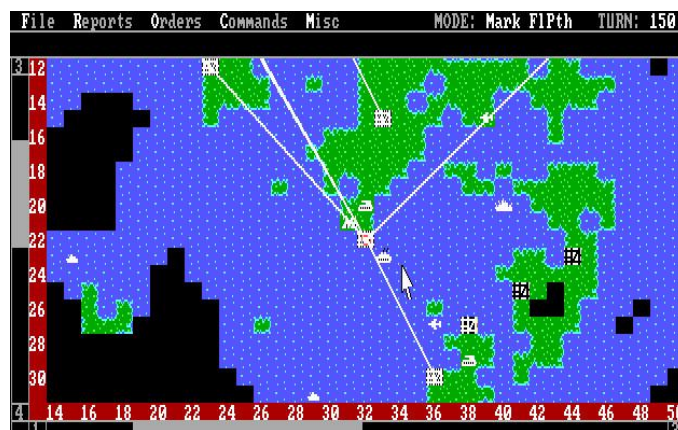


Figura 12: Partida del juego Empire, 1972 [24]

Ya volviendo al asunto de los primeros juegos de estrategia por turnos napoleónicos, uno de estos fue *Napoleon's Campaigns: 1813 & 1815* (1981) [25], lanzado para Apple II por Strategic Simulations, Inc. El juego permitía elegir entre dos escenarios, Leipzig y Waterloo, en los que el jugador debía manejar sus tropas en un tablero de forma muy similar a los juegos *Hex & Counter*.



Figura 13: Partida de *Napoleon's Campaigns: 1813 & 1815, 1981* [25]

Campaign Eckmuhl (2001) [26], el primer juego de Napoleonic Battle Series por Wargame Design Studios, sigue en la línea de los juegos *Hex & Counter* con una presentación más colorida y detallada, y un mapa de tamaño enorme que aprovechaba las mejoras en resolución al máximo. Esta saga no solo ha recibido varias entregas en las últimas dos décadas, sino que además todos los juegos siguen siendo actualizados con las mejoras de títulos posteriores.



Figura 14: Una sección de un campo de batalla en *Campaign Eckmuhl, 2001* [26]

El aumento exponencial de la potencia en los ordenadores y consolas motivó la creación de juegos de estrategia bélicos que apostaban por la jugabilidad en tiempo real en vez de por turnos. Si bien esto implica alejarse del diseño de los juegos de guerra originales, y por tanto ocupan una sección menor de este documento, es importante tener en cuenta que la jugabilidad por turnos es una abstracción necesaria para los juegos de guerra “físicos” dado que los jugadores no pueden mover todas sus tropas de forma simultánea y al mismo ritmo que su oponente. Es por ello que los juegos de estrategia de tiempo real merecen su mención al hablar de trasladar un juego de guerra al medio digital, porque su aproximación a la simulación del conflicto podría ser más cercana a la intención a los primeros creadores del género, aunque no va a ser la aproximación que tomemos en este proyecto.

Destacamos Cossacks: Back to War (2002) [27], Imperial Glory (2005) [28], Scourge of War - Remastered (2024) [29] y Total War: NAPOLEON (2010) [30] como algunos de los exponentes más importantes de este tipo de juego de guerra con temática napoleónica, que llevaron a los ordenadores de sus respectivos años al límite para simular el comportamiento de miles de tropas en grandes campos de batalla.



Figura 15: Dos ejércitos enfrentados en Total War: Napoleon [31]

No obstante, siguen existiendo videojuegos que optan por la estrategia por turnos, e incluso videojuegos que adaptan directamente el reglamento de juegos de guerra, como es el caso de Napoleon's Eagles (2023) [32], basado en el ya mencionado War & Peace [14].



Figura 16: Partida de Napoleon's Eagles, 2023 [32]

1.2. Motivación

Los juegos de guerra napoleónicos (así como los de otras épocas) son una afición con muchas virtudes. Ofrecen una experiencia única y divertida que fomenta la creatividad y el razonamiento, así como la conexión con otras personas a través del juego, y pueden despertar el interés de los jugadores en la época representada. A pesar de tratarse de una temática muy reconocible y tener sus raíces en una afición mucho más extendida (los juegos de mesa), permanece un nicho bastante limitado dentro del mercado que tiene dificultades para atraer nuevos jugadores jóvenes en la forma que lo hacen los videojuegos. Parte de la razón de esto es la idea errónea pero extendida de que los juegos de guerra son necesariamente una afición cara, difícil de empezar y complicado de aprender.

The Portable Wargame [9] es un juego de guerra que busca combatir esta idea, tratándose de un juego muy accesible y barato. El juego se adapta bien a distintas escalas, permite el uso de fichas para jugar (si bien también permite el uso de miniaturas) y se puede jugar en un espacio muy limitado. Su reglamento es sencillo y fácil de adaptar, y a pesar de tener un menor grado de detalle en su simulación que muchos de sus contemporáneos, consigue crear batallas que reflejan la época representada y que ofrecen muchas oportunidades para realizar decisiones estratégicas interesantes.

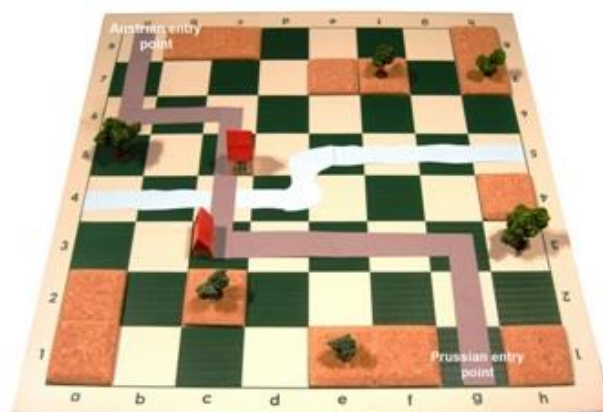


Figura 17: Prototipo de The Portable Wargame con componentes al alcance de cualquier persona

En este proyecto pretendemos llevar las bases de The Portable Wargame [9] un paso más allá con la ayuda del medio de los videojuegos, creando una adaptación aún más portátil y accesible, que solo requiere el espacio ocupado por el ordenador de preferencia del usuario y que ofrece partidas sin necesidad de colocar o recoger el tablero y sus contenidos. Un videojuego que, a través de sus gráficos y su interfaz, permita al jugador observar la partida, distinguir los elementos del tablero y acceder a toda la información que necesita con aún más facilidad que en el juego original. Un juego que, a través de la capacidad del ordenador para automatizar la gestión de los datos del juego y los cálculos necesarios, así como los efectos visuales y sonoros que acompañan al proceso, ofrezca una experiencia a la vez más accesible, rápida, cómoda e inmersiva.

Con todo esto, buscamos crear un juego que mueva a The Portable Wargame [9], y por extensión a la recreación lúdica de las guerras napoleónicas con sus características, su historia y sus tácticas, a nuevos jugadores.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos del proyecto:

Se pretende desarrollar una adaptación para ordenador del juego de guerra The Portable Wargame [9], de manera que se cumplan los siguientes objetivos:

- Crear un videojuego que siga el reglamento del juego de mesa “The Portable Wargame” [9], con partidas de dos jugadores por turnos que acaban en victoria y derrota.
- Dar importancia al aspecto visual de las piezas y de las opciones que tiene el jugador.
- Implementar un sistema de toma de decisiones para un adversario controlado por el ordenador.
- Aplicar parámetros de usabilidad para hacer que los jugadores tengan toda la información necesaria para la toma de decisiones.
- Utilizar como motor de videojuego GameMaker [33].
- (Opcional) Implementar la posibilidad de jugar partidas online entre dos jugadores usando una conexión peer-to-peer.

El objetivo opcional de implementar partidas online fue rechazado en el sprint 5.

1.3.2. Objetivos personales:

Durante la realización del proyecto el estudiante pretende también entrenar sus habilidades en varios ámbitos de su interés, mediante los siguientes objetivos:

- Familiarizarse con los desafíos asociados al desarrollo de un videojuego desde la perspectiva de una desarrolladora independiente con recursos limitados.
- Familiarizarse con los desafíos asociados a la adaptación de las reglas y principios de un producto físico a un medio virtual, mitigando las carencias y aprovechando las ventajas del nuevo medio frente al original.
- Aprender a utilizar las herramientas del motor de juegos GameMaker, incluyendo el lenguaje GameMaker Language y los editores de varios recursos como habitaciones, *sprites*, objetos, tilesets y eventos entre otros.

- Familiarizarse con los desafíos específicos de un juego de estrategia y tácticas por turnos, incluyendo el “*pathing*”, la línea de visión, las clases de unidades, la interacción con obstáculos y la programación de toma de decisiones de un adversario controlado por el ordenador.
- Familiarizarse con la búsqueda, el uso y la edición de recursos gratuitos de licencia *Creative Commons* para lograr una presentación cohesiva y atractiva.

1.4. Estudio de mercado

En el estudio de mercado, investigamos otros productos que ofrecen un servicio similar o que apuntan a un público que se solapa de forma sustancial con el de nuestro producto, con el propósito de identificar sus fortalezas y debilidades y así averiguar qué características debería cumplir nuestro producto.

Las fortalezas son características que hacen al producto más atractivo, mientras que las debilidades son características del producto que limitan su atractivo.

1.4.1. Juegos de estrategia por turnos sobre cuadrícula con la misma temática:

1.4.1.1. Napoleon’s Eagles (2023) [32]

Ya mencionado en la introducción, se trata de una adaptación a ordenador por Avalon Digital del juego de guerra napoleónico War & Peace de Avalon Hill [14]. La escala del juego cubre toda Europa desde 1796 hasta 1815 a lo largo de turnos que representan 1 mes de tiempo real.



Figura 18: Otra partida de Napoleon's Eagles [32]

- Fortalezas:
 - Toda la información está en pantalla
 - Recuerda a un juego de mesa
- Debilidades:
 - No es fácil de leer, el mapa y varios iconos no resaltan
 - Los atributos de la unidad llaman más la atención que la propia unidad, no se distingue bien qué es cada uno a primera vista
 - Apartado visual muy básico y poco inmersivo, no se aprovechan las ventajas de un medio digital
 - Casillas hexagonales: las tropas no pueden avanzar directamente adelante o hacia atrás (o a los lados según el sentido). No funciona bien para representar regimientos, flancos y retaguardias
 - No tiene flancos y retaguardias
 - No tiene música, afecta a la presentación del juego

1.4.2. Juegos de estrategia por turnos sobre cuadrícula:

1.4.2.1. Famicom Wars y sucesores (subgénero de juegos de estrategia tácticos, Wargroove como ejemplo) [34]

Incluimos en esta sección una gran variedad de juegos inspirados por Famicom Wars (1988) de Intelligent Systems [35] y sus entregas posteriores, así como del subgénero de RPG tácticos inspirados por Fire Emblem (1990) [36] de los mismos desarrolladores. Uno de los juegos recientes más populares es Wargroove (2019) de Chucklefish [34].



Figura 19: Mapa estratégico con sprites sencillos de Wargroove, 2019 [34]

- Fortalezas
 - Gráficos atractivos y fáciles de leer
 - Sprites sencillos y claros para el campo de batalla, suelen cambiar a sprites de mayor calidad con un plano distinto para los combates individuales
 - Modo campaña con progresión

- Debilidades
 - La mayoría de ellos no disponen de un modo versus local (*hotseat*) para partidas rápidas
 - No tiene flancos y retaguardias

1.4.2.2. SOVL: Fantasy Warfare [37]

SOVL (2023) es a la vez un reglamento de juegos de guerra de fantasía y una adaptación a ordenador de dicho sistema realizada por Dalen Studios. Inspirado visualmente en los antiguos “*battle reports*” (informes de partidas de juegos de guerra) de la revista White Dwarf [38] de Games Workshop, ofrece una experiencia simplificada de combates de formaciones de tropas con una estética clásica.



Figura 20: Partida de SOVL usando la opción de gráficos detallados, 2025 [37]

- Fortalezas
 - Maneja flancos y retaguardias
 - Gran claridad visual, el posicionamiento y el sentido de las tropas no tiene ambigüedad
 - Modo campaña sencillo pero efectivo, de manera que resulta atractivo para los jugadores volver a jugarla varias veces gracias a la posibilidad de elegir entre varios caminos distintos, cada uno con sus combates diferentes y eventos aleatorios
- Debilidades
 - No dispone de multijugador local.

1.4.2.3. Field of Glory II: Medieval (2021) [39]

Field of Glory II: Medieval de Byzantine Games y Slitherine Ltd., y otros juegos de la franquicia adaptan el juego de guerra Field of Glory a ordenador ofreciendo combates por turnos con una gran variedad de facciones. Complementa a Field of Glory: Kingdoms (2024) de AGEOD [40], juego que simula el aspecto de gestión de territorios y diplomacia, permitiendo conectar ambos juegos para crear una sola experiencia mayor.



Figura 21: Batalla de Field of Glory II: Medieval, 2021 [39]

- Fortalezas
 - Maneja flancos y retaguardias
 - Gráficos con suficiente calidad para conseguir la inmersión, pero los suficientemente sencillos como para favorecer la claridad visual
 - Tiene todo tipo de contrincantes (contra el ordenador, y multijugador online y local)
 - Modo campaña consistente en misiones conectadas
- Debilidades
 - Reglamento complejo y partidas largas, limita la facilidad para introducir a alguien en el juego y exige un cierto compromiso por parte del jugador

1.4.2.4. Battle Brothers (2017) [41]

Battle Brothers de Overhype Studios es un RPG táctico en el que una banda de personajes se mueve por un mapa generado de forma procedural y se enfrenta a distintos desafíos cosistentes en batallas por turnos. El juego se centra en el crecimiento de los personajes, que desarrollan sus habilidades y consiguen nuevo equipamiento pero también corren el riesgo de ser eliminados a lo largo de la campaña.



Figura 22: Batalla de Battle Brothers, 2017 [41]

- Fortalezas
 - Sprites dibujados muy cuidados para las tropas
 - Campaña con progresión, gestión de bandas
- Debilidades
 - No tiene multijugador
 - Muchos grises y marrones en la pantalla, dificulta la lectura de lo que ocurre en pantalla
 - No es un problema para el tipo de juego que es (escaramuzas con pocos soldados manejados de forma individual), pero las casillas hexagonales y la ausencia de flancos y retaguardias no concuerdan con el tipo de juego que buscamos hacer

1.4.2.5. XCOM 2 (2016) [42]

XCOM 2 de 2K y Firaxis Games es un RPG táctico de ciencia ficción conocido por sus combates por turnos desafiantes. Como muchos del género, los jugadores deben asumir misiones arriesgadas para obtener recursos que permitan el mantenimiento del equipo y la mejora de sus agentes.



Figura 23: Turno del jugador en una misión de XCOM 2, 2016 [43]

- Fortalezas
 - Gráficos con buen nivel de fidelidad sin ser muy exigentes para el ordenador
 - Modo campaña con progresión y gestión de banda
 - La interfaz no ocupa mucho espacio de la pantalla, permitiendo que se vea mejor
- Debilidades
 - A veces las sombras y la estética Sci-Fi con poco color hacen que sea difícil distinguir los elementos en el mapa
 - La mayoría de las entregas no tienen multijugador, y el resto no lo tienen bien planteado

1.4.2.6. Xenonauts 2 (2023) [44]

Xenonauts 2 de Goldhawk Interactive y Hooded Horse es un RPG táctico de planteamiento similar a XCOM, pero más inspirado en el primer juego de la franquicia, con gráficos de *sprites* y perspectiva isométrica que dan una impresión clásica junto a añadidos modernos que crean una experiencia más cómoda.



Figura 24: Gráficos en perspectiva isométrica de Xenonauts 2, 2023 [44]

- Fortalezas
 - La perspectiva isométrica es llamativa.
 - Modo campaña con progresión y gestión de banda
 - La mayoría de objetos del mapa se distinguen bien a pesar de la estética realista
- Debilidades
 - Las unidades son difíciles de distinguir entre sí
 - La perspectiva isométrica hace más difícil conocer la posición exacta de cada elemento del mapa
 - No tiene multijugador

1.4.2.7. Into the Breach (2018) [45]

Into the Breach de Subset Games es un juego de estrategia por turnos de ciencia ficción en el que las tropas de la humanidad deben defenderse de un asedio alienígena. Estas batallas se libran en misiones generadas aleatoriamente, sobre un tablero compacto de perspectiva isométrica.

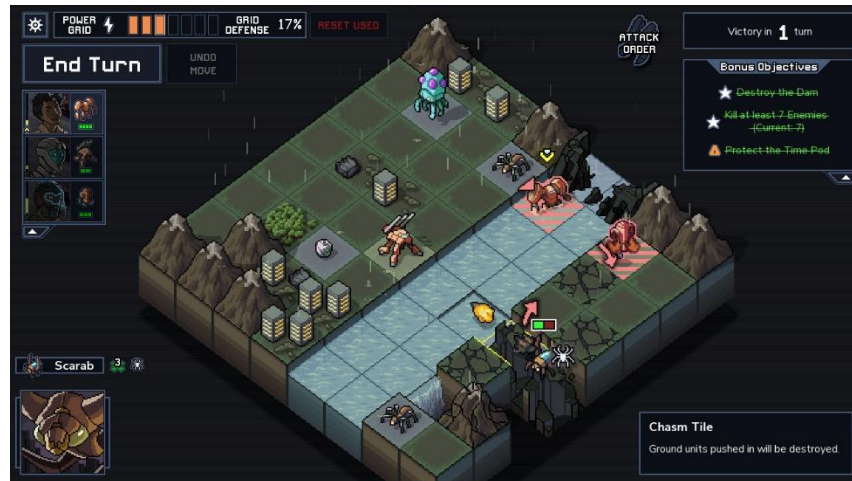


Figura 25: Una misión de Into the Breach, 2018 [45]

- Fortalezas
 - Gráficos llamativos con perspectiva isométrica, todo se distingue bien
 - El modo campaña con misiones generadas aleatoriamente ofrece bastante rejugabilidad
 - Gracias a lo marcada que está cada casilla es fácil distinguir la posición de cada elemento del mapa
- Debilidades
 - No tiene multijugador

1.4.2.8. Lock n' Load Tactical Digital (2020) [46]

Lock n' Load de Lock n' Load Publishing es tanto una franquicia de juego de guerra “hex & counter” como una adaptación a ordenador de esta misma. El videojuego ofrece una experiencia fiel al juego original con multitud de escenarios que cubren guerras desde 1930 hasta el presente, y una gran cantidad de contenido adicional en forma de expansiones de pago.



Figura 26: Fase de preparación en una misión de Lock n' Load Tactical Digital, 2020 [46]

- Fortalezas
 - Recuerda a un juego de mesa
 - Se distinguen bien los elementos del mapa (árboles, caminos, etc.) a pesar de la estética realista
 - Información clara y fácil de leer en las cajas de la interfaz
- Debilidades
 - Algunas de las casillas no se distinguen bien entre sí, lo cual hace difícil saber la posición exacta de los elementos
 - La interfaz podría ser más interesante, no mantiene la estética de la ambientación
 - Las fichas resultan visualmente muy básicas y poco inmersivas, no se aprovechan las ventajas de un medio digital

1.4.3. Juegos de estrategia de tiempo real con la misma temática:

1.4.3.1. Scourge of War Remastered (2024) [29]

Scourge of War Remastered de NorbSoftDev es una remasterización del Scourge of War original (2015). Se trata de un juego de estrategia en tiempo real que simula batallas de distintos escenarios de las guerras napoleónicas. El juego usa *sprites* 2D para representar a cada soldado de una unidad sobre un mapa 3D.



Figura 27: Batalla del juego Scourge of War Remastered, 2024 [29]

- Fortalezas
 - Los gráficos tienen estilo retro (*sprites* para las unidades) pero a distancia dan una sensación de realismo
 - Se distinguen bien los elementos en el mapa
 - La interfaz ocupa una parte pequeña de la pantalla
- Debilidades
 - La interfaz no es atractiva, el fondo que usa no contrasta bien con algunos botones y tiene una presentación poco cuidada
 - Puede ser difícil saber la delimitación de cada unidad (se mezclan entre sí)
 - No tiene multijugador offline. La cámara libre presentaría un problema para implementarlo

1.4.3.2. Total War: NAPOLEON (2010) [30]

Total War Napoleon de Creative Assembly ofrece una experiencia de juego que simula la gestión de un imperio por turnos y el control de un ejercito para librar batallas en tiempo real. El juego cubre los años 1811 – 1814 a lo largo de Europa, parte de Oriente Próximo y el borde del Norte de África.



Figura 28: Otro batalla de Total War: NAPOLEON, 2010 [30]

- Fortalezas
 - Buen nivel de fidelidad visual, a pesar de los años que tiene
 - La interfaz ocupa una parte pequeña de la pantalla, es visualmente clara y tiene un cierto grado de inmersión
 - Por lo general se distinguen bien los elementos en el mapa
- Debilidades
 - Se sacrifica un poco la visibilidad por los efectos visuales
 - Puede ser difícil saber la delimitación de cada unidad (se mezclan entre sí)
 - No tiene multijugador offline. La cámara libre presentaría un problema para implementarlo

1.4.4. Videojuegos que adaptan varios juegos de mesa:

1.4.4.1. Tabletop Simulator (2015) [47]

Tabletop Simulator de Berserk Games es un juego que simula la experiencia de jugar a un juego de mesa a través de modelos 3D y físicas a través de las cuales interactúan entre sí y con el jugador. Dispone de soporte oficial para una gran cantidad de juegos de mesa a través de DLC (contenido descargable) así como soporte no oficial a través del taller de mods, donde los jugadores crean sus propias adaptaciones de juegos de mesa nuevos o existentes.



Figura 29: Partida de Póker en Tabletop Simulator, 2015 [47]

- Fortalezas
 - Opciones casi ilimitadas, gracias al contenido oficial y al soporte de mods
 - El juego tiene un sistema de físicas que junto a la libertad de la cámara crea una mayor inmersión, además de dar opciones divertidas como lanzar la mesa
- Debilidades
 - Controles toscos debido a que se mueven las piezas como objetos físicos, y estas tienen físicas que pueden resultar molestas
 - No tiene multijugador offline

1.4.4.2. Board Game Arena (2010) [48]

Board Game Arena de Grégory Isabelli y Emmanuel Colin es una página web que incluye varias adaptaciones a ordenador de juegos de mesa (1074 juegos a día de hoy) usando mayoritariamente gráficos 2D. Se trata de un servicio inicial gratuito con algunas funcionalidades que solo están disponibles con una suscripción premium.



Figura 30: Partida de CATAN en Board Game Arena, añadido en 2022 [48]

- Fortalezas
 - Buena colección de juegos
 - Interfaz y controles distintos para cada juego
 - Algunas funcionalidades están disponibles de forma gratuita
- Debilidades
 - Es necesario estar conectado online (y una cuenta) para jugarlo.
 - Al contrario que Tabletop Simulator, no permite la creación de juegos personalizados por parte de la comunidad

1.4.5. Conclusiones sobre el estudio de mercado

Para crear un producto atractivo que atraiga un nicho del mercado, debemos cumplir una parte significativa de las fortalezas observadas, y evitar al menos una de las debilidades.

1.4.5.1. Fortalezas – características que debería tener nuestro juego:

Entre los juegos listados en el estudio de mercado hemos observado las siguientes fortalezas, las cuales deberemos intentar cumplir para obtener una ventaja competitiva:

- **Opción de enfrentarse a otros jugadores** de forma online o local, para poder tener partidas más divertidas y desafiantes, así como fortalecer a la comunidad de jugadores.

- **Incluir toda la información necesaria en pantalla**, para que el usuario pueda acceder fácilmente a ella sin interrumpir el juego.

- **Interfaz minimalista**, al menos sobre el mapa, para que no afecte a la inmersión del juego ni dé una sensación desordenada.

- **Gráficos atractivos**, que faciliten la inmersión del juego.

- **Gráficos fáciles de leer**, para que el usuario no tenga que perder tiempo dudando acerca de lo que hay en pantalla ni tenga malentendidos.

- **Mantener la temática** en los gráficos y en la interfaz, ya sea de cara al conflicto histórico que se representa o al origen del juego como juego de mesa.

- **Uso de flancos y retaguardias** para distinguir al juego de la mayoría de juegos de estrategia, así como representar mejor las batallas de la época.

- **Opción de enfrentarse a la máquina**, para aquellos jugadores que no tengan otras personas con las que jugar o que prefieran jugar por su cuenta.

- **Modo campaña** o conjunto de misiones conectadas, con un grado de aleatoriedad suficiente para permitir una mayor rejugabilidad. Gestión de tropas.

1.4.5.2. Debilidades

Estas son algunas de las debilidades más comunes observadas en los juegos del estudio de mercado. Para obtener una ventaja competitiva vamos a evitarlas en nuestro juego:

- **Sacrificar excesivamente la claridad visual** para tener mejores gráficos, mayor inmersión, etc.

- **Sacrificar las funcionalidades más básicas** (partidas rápidas contra PC y jugadores, controles cómodos) por otras más avanzadas (modo campaña).

- **Reglamento muy complejo**. El juego original incluye muchas reglas opcionales. Es mejor mantenerlas opcionales que exigir esa dedicación a todos los usuarios.

- **Casillas hexagonales**. Para otros juegos funcionan bien, pero dificultan la representación de flancos y retaguardias, y afectan a la claridad visual.

- **Requisitos de potencia de equipo exigentes**. El juego debe poderse jugar en toda gama de dispositivos, no solo en aquellos con tarjetas gráficas dedicadas.

2. Planificación del proyecto

2.1. Metodología

Para el proyecto, hemos empleado la metodología ágil [49] siguiendo una versión simplificada del marco de trabajo Scrum.

La **Metodología Ágil** consiste en un conjunto de técnicas aplicadas en ciclos de trabajo cortos, de manera que cada etapa genera un entregable que muestra el estado del proyecto y facilita el seguimiento del mismo. De esta forma se permite una adaptación rápida a requisitos cambiantes e incógnitas respecto a la solución técnica del proyecto.

Scrum es un marco de trabajo para la metodología ágil en el que un Equipo Scrum formado por un *Product Owner*, un *Scrum Master* y un equipo de desarrollo se organiza en ciclos de trabajo llamados *sprint*.

Un *sprint* suele durar entre 1 y 4 semanas, y debe generar para el cliente un entregable, es decir, un resultado que muestre el trabajo realizado y cubra un subconjunto de los requisitos esperados por el cliente. Un *sprint* incluye una reunión inicial en la que se plantea el trabajo que se va realizar y se realiza una predicción del tiempo que va a llevar cada tarea que integra el *sprint*, y una reunión final en la que se revisa el trabajo realizado y se saca conclusiones de él. Un *sprint* puede incluir también reuniones de seguimiento, así como reuniones diarias Scrum de muy corta duración. Debido a que nuestros *sprints* tiene la duración mínima, 1 semana, hemos optado por incluir únicamente la reunión inicial y la de revisión.

Los roles en la metodología Agile se componen de:

- El *Product Owner* se encarga de definir el *product backlog*, es decir, la lista de tareas que deben realizarse para un *sprint* dado. Dicha lista puede incluir *stories*, conjuntos de tareas asociadas entre sí.
- El *Scrum Master* se encarga de dirigir el equipo de desarrollo, asignándole las tareas y asegurando que realiza su trabajo. También debe resolver dudas y disputas que surjan en el equipo.
- El Equipo de Desarrollo se encarga de realizar las tareas definidas en la Lista de Producto.
- Si bien no forma parte del equipo Scrum, también son dignos de mención los *Stakeholders*, aquellas personas que tienen algún interés en el resultado del proyecto.

Los roles de *Scrum Master* y *Product Owner* se realizan conjuntamente por el estudiante y la tutora, mientras que el rol de Equipo de Desarrollo lo realiza el estudiante en su totalidad. El estudiante, la tutora, posibles clientes del juego y los integrantes del tribunal que evalúen el proyecto toman el rol de *Stakeholders*.

2.2. Planificación prevista de los sprints

Cada *sprint* tiene una duración de una semana (a excepción del sprint 8 al incluir la Semana Santa). Durante cada *sprint* se realizan 30 horas de trabajo salvo excepciones, y los *sprints* finalizan los viernes con una reunión generalmente de carácter presencial, en la que se revisa el trabajo realizado, se extraen conclusiones y se planifica el trabajo del siguiente *sprint*.

	Fecha inicio	Fecha fin
Sprint 1	21 de febrero	28 de febrero
Sprint 2	28 de febrero	7 de marzo
Sprint 3	7 de marzo	14 de marzo
Sprint 4	14 de marzo	21 de marzo
Sprint 5	21 de marzo	28 de marzo
Sprint 6	28 de marzo	4 de abril
Sprint 7	4 de abril	11 de abril
Sprint 8	11 de abril	25 de abril
Sprint 9	25 de abril	2 de mayo
Sprint 10	2 de mayo	9 de mayo

Tabla 1: Planificación de Sprints

2.3. Análisis de Riesgos

Para el propósito de este proyecto, definimos un **riesgo** como un evento o condición que, si se cumple, tiene consecuencias adversas para los objetivos del proyecto [50].

En la Tabla 2 describimos los riesgos que pueden afectar al proyecto a través de una matriz de riesgos. Esta incluya una sección de probabilidad-impacto, la cual asigna un nivel de prioridad a los riesgos según la probabilidad de que ocurran y el impacto que tendrían sobre los objetivos del proyecto en caso de que ocurriesen. El cálculo del nivel de riesgo sigue el siguiente criterio: asignando los valores 0'5, 1 y 2 a BAJO, MEDIO y ALTO respectivamente, el nivel de riesgo es la multiplicación de la probabilidad y el impacto. Por ejemplo, ALTO (2) * MEDIO (1) = ALTO (2).

Cada riesgo de la matriz viene acompañado de acciones de mitigación (que tienen el propósito de limitar la probabilidad de que el riesgo ocurra) y acciones de contingencia (que tienen el propósito de limitar el impacto del riesgo una vez ha ocurrido).

El análisis de riesgos supone una fase esencial de la planificación del proyecto ya que nos permite estar preparados para estos sucesos, tomar acciones preventivas y responder rápidamente a los que surjan. De esta forma disminuiríamos la probabilidad de que el proyecto sufra retrasos o no cumpla con los requisitos.

			RIESGO						
ID	Nombre	Descripción	Categoría	Amenaza	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Acciones de mitigación	Acciones correctivas
RSK001	Falta de experiencia en la tecnología utilizada	Una falta de experiencia en GameMaker, así como en las técnicas de programación asociadas al desarrollo de videojuegos.	Personal	Aumento en la probabilidad de malas decisiones de diseño, problemas inesperados y retrasos	ALTA	MEDIO	ALTO	1. Realizar los tutoriales oficiales proporcionados por GameMaker y tutoriales no oficiales usuarios de la comunidad 2. Hacer uso del GameMaker Manual para entender sus herramientas	1. Recurrir a los foros oficiales de GameMaker Community
RSK002	Falta de experiencia en planificación	No ceñirse a la metodología elegida o no seguir las fases de desarrollo de un proyecto de desarrollo software.	Planificación	Riesgos desapercibidos, mala estimación de los tiempos y olvido de tareas entre otros problemas	BAJA	ALTO	MEDIO	1. Seguir una metodología ágil para marcar las fases del proyecto y facilitar el seguimiento de los procesos 2. Tomar como referencia asignaturas orientadas a las fases de desarrollo	1. Reevaluar y ajustar los requisitos según el estado actual del proyecto 2. Adoptar la metodología y los patrones necesarios

			RIESGO						
ID	Nombre	Descripción	Categoría	Amenaza	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Acciones de mitigación	Acciones correctivas
RSK003	Falta de disponibilidad del equipo	Falta de disponibilidad del estudiante o de su tutora debido a factores externos como la enfermedad, picos de carga de trabajo y otras circunstancias excepcionales.	Personal	Tiempo perdido por imposibilidad de trabajo y realización errónea de las tareas por la falta de seguimiento	MEDIA	MEDIO	MEDIO	1. Mantener reuniones periódicas para aprovechar la disponibilidad del estudiante y la tutora 2. Planificar con un margen de riesgo	1. Reevaluar y ajustar los requisitos según el estado actual del proyecto 2. Replanificar la distribución del trabajo en sprints futuros para corregir y compensar los problemas
RSK004	Incertidumbre en estimaciones	El estudiante tiene poca experiencia y tiene conocimientos incompletos acerca de GameMaker y el desarrollo de videojuegos, lo cual dificulta una estimación correcta de los tiempos	Planificación	Estimaciones poco realistas y retrasos en los sprints del proyecto. Mala distribución del tiempo	MEDIA	MEDIO	MEDIO	1. Investigar de forma exhaustiva en las fases iniciales del proyecto aquellas áreas donde las estimaciones tienen mayor incertidumbre	1. Revisar de forma periódica las estimaciones del proyecto teniendo en cuenta la experiencia y conocimiento adquirido a lo largo de su realización
RSK005	Cambios en la tecnología durante el desarrollo	Cambio de las tecnologías relevantes durante el desarrollo. Actualizaciones de GameMaker, obsolescencia de herramientas o adopción de nuevas tecnologías en el mercado	Tecnología	Necesidad de adaptar el trabajo existente a las nuevas versiones de las herramientas disponibles, complicaciones en las soluciones propuestas anteriormente	BAJA	MEDIO	BAJO	1. Buscar soluciones que no sean exclusivas del lenguaje o herramienta utilizado 2. No actualizar GameMaker más allá de lo explícitamente necesario	1. Utilizar plugins que adapten el código a la nueva herramienta 2. Revertir la herramienta a una versión anterior si es posible

			RIESGO						
ID	Nombre	Descripción	Categoría	Amenaza	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Acciones de mitigación	Acciones correctivas
RSK006	Pruebas insuficientes	Las funcionalidades del juego no se prueban con suficiente frecuencia y profundidad	Pruebas	Pérdida de tiempo por el descubrimiento tardío de problemas técnicos o de diseño, posibilidad de que la entrega final no satisfaga los requisitos	MEDIA	ALTO	ALTO	1. Realizar una batería de pruebas siguiendo los principios de diseño de pruebas 2. Realizar pruebas del prototipo realizado en cada Sprint	1. Buscar soluciones a problemas similares en los foros de GameMaker Community entre otros 2. Hacer compromisos en la implementación del proyecto para asegurar los requisitos más importantes
RSK007	Dificultades en la adquisición de recursos visuales	Incapacidad de encontrar y utilizar recursos gratuitos que se adapten a las especificaciones del proyecto y que mantengan una cohesión visual con el resto de recursos.	Financiera	Imposibilidad de implementar soluciones planteadas de forma visualmente atractiva	MEDIA	MEDIO	MEDIO	1. Plantear soluciones que permitan flexibilidad en su representación visual 2. Entrenar las capacidades de edición del estudiante en las fases iniciales del proyecto	1. Reevaluar y ajustar los requisitos del proyecto, así como su alcance 2. Adaptar la temática del juego y el trabajo existente a los recursos que sí están disponibles
RSK008	Ajuste insuficiente de la prioridad de los requisitos	Posibilidad de que se le otorgue una mayor importancia y recursos a requisitos secundarios a costa del cumplimiento de los requisitos esenciales	Planificación	Desarrollo de un proyecto que no responda a las necesidades del mercado, incapacidad de realizar un producto mínimo viable	MEDIA	ALTO	ALTO	1. Realizar un estudio de mercado que indique las fortalezas y debilidades de productos similares 2. Reuniones periódicas que aseguren la dirección correcta del estudiante	1. Reevaluar y ajustar los objetivos y requisitos del proyecto para cubrir las necesidades esenciales

			RIESGO						
ID	Nombre	Descripción	Categoría	Amenaza	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Acciones de mitigación	Acciones correctivas
RSK009	Pérdida del trabajo realizado	Posibilidad de que los datos del proyecto se corrompan o eliminen accidentalmente	Tecnología	Si no se pierde la información, se puede perder mucho tiempo y trabajo, incluso el proyecto entero.	MEDIA	ALTO	ALTO	1. Control de versiones a través de Git 2. Backups en medios físicos como discos duros externos	1. Volver a realizar el trabajo perdido, adaptando el alcance del proyecto a la pérdida de recursos y aplicando el conocimiento nuevo
RSK010	Falta de equipamiento	Falta de un ordenador que disponga de la potencia y las herramientas necesarias para el trabajo	Tecnología	Sin un ordenador adecuado no es posible trabajar en el proyecto, resultando en un retraso.	BAJA	ALTO	MEDIO	1. Utilizar un motor y herramientas que sean poco exigentes con el ordenador 2. Configurar y preparar otro ordenador de repuesto	1. Usar una máquina virtual

Tabla 2: Tabla de riesgos

2.4. Seguimiento

SPRINT 1	Nº de horas: 20 horas	Fecha Inicio: 21 - 02	Fecha fin: 28 - 02
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Planteamiento del proyecto.		Sí.	
Tarea 2. Estudio inicial de mercado.		Sí.	
Riesgos			
RSK003. Falta de disponibilidad del equipo. El estudiante no ha podido trabajar parte de la semana debido a una operación. Dado que es temprano en el desarrollo y no hay razón para reevaluar los requisitos, se ha aplicado la acción correctiva de replanificar la distribución del trabajo en <i>sprints</i> futuros. Se ha realizado la reunión de final de <i>sprint</i> online.			

Tabla 3: Seguimiento del sprint 1

SPRINT 2	Nº de horas: 15 horas	Fecha Inicio: 28 - 02	Fecha fin: 07 - 03
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Versión inicial de requisitos		Sí.	
Tarea 2. Versión inicial de casos de uso		Sí.	
Tarea 3. Bocetos iniciales con <i>sprites</i>		Sí.	
Riesgos			
RSK003. Falta de disponibilidad del equipo. Como se esperaba, el estudiante no ha podido trabajar al ritmo normal debido a que se está recuperando de la operación. Dado que sigue siendo temprano en el desarrollo y no hay razón para reevaluar los requisitos, se ha aplicado la acción correctiva de re-planificar la distribución del trabajo en <i>sprints</i> futuros. Se ha realizado la reunión de final de <i>sprint</i> por videollamada.			

Tabla 4: Seguimiento del sprint 2

SPRINT 3	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 07 - 03	Fecha fin: 14 - 03
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Lista de objetivos.		Sí.	
Tarea 2. Explicar la metodología.		Sí.	
Tarea 3. Tabla de sprints.		Sí.	
Tarea 3. Tabla de riesgos.		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 5: Seguimiento del sprint 3

SPRINT 4	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 14 - 03	Fecha fin: 21 - 03
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Introducción completa.		No, aunque se ha avanzado en la elaboración de la introducción.	
Tarea 2. Riesgos v2.		Sí.	
Tarea 3. Requisitos.		Sí.	
Tarea 3. Casos de uso.		No, aunque se han comenzado a plantear.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 6: Seguimiento del sprint 4

SPRINT 5	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 21 - 03	Fecha fin: 28 - 03
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Introducción completa.		Sí.	
Tarea 2. Requisitos v2.		Parcialmente, van a requerir cambios.	
Tarea 3. Casos de uso.		Parcialmente, van a requerir cambios.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 7: Seguimiento del sprint 5

SPRINT 6	Nº de horas: 25 horas	Fecha Inicio: 28 - 03	Fecha fin: 04 - 04
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Requisitos v3		Sí.	
Tarea 2. Casos de uso v2		Parcialmente, van a requerir cambios.	
Tarea 3. Contexto v2		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 8: Seguimiento del sprint 6

SPRINT 7	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 04 - 04	Fecha fin: 11 - 04
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Modelo de dominio		Sí.	
Tarea 2. Casos de uso v3		Sí.	
Tarea 3. Prototipo: CU1 (iniciar partida).		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 9: Seguimiento del sprint 7

SPRINT 8	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 11 - 04	Fecha fin: 25 - 04
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Prototipo: tablero con terreno.		Sí.	
Tarea 2. Prototipo: unidades de infantería y caballería.		Sí.	
Tarea 3. Prototipo: versión inicial de CU6 (mover), CU7 (atacar a distancia) y CU9 (cálculo de daño).		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 10: Seguimiento del sprint 8

SPRINT 9	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 25 - 04	Fecha fin: 02 - 05
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Prototipo: unidades de artillería y comandante.		Sí.	
Tarea 2. Prototipo: versión desarrollada de CU6, CU7 y CU9.		Sí.	
Tarea 3. Prototipo: CU8 (cargar a un enemigo) para completar CU5 (jugada).		Sí.	
Tarea 4. Contexto v3 y párrafos introductorios para las secciones.		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 11: Seguimiento del sprint 9

SPRINT 10	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 02 - 05	Fecha fin: 09 - 05
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Prototipo: información de la interfaz.		Sí.	
Tarea 2. Prototipo: sistema de línea de visión para el CU5.		Sí	
Tarea 3. Cambios en introducción.		No, pero se ha progresado en la tarea.	
Tarea 4. Estudiar sistema de toma de decisiones de contrincante controlado por el ordenador.		Sí.	
Riesgos			
RSK005.Cambios en la tecnología durante el desarrollo. GameMaker se ha actualizado a una versión más avanzada, lo cual ha provocado algunos problemas en el código. Se pensó en tomar la acción correctiva de revertir el cambio, pero los problemas tenían muy fácil solución, y la nueva versión incorporaba herramientas muy útiles para la implementación de la interfaz, por lo que se ha decidido arreglar los problemas y continuar con la nueva versión.			

Tabla 12: Seguimiento del sprint 10

En la planificación original, el proyecto iba a acabar en el sprint 10, pero la complejidad del proyecto así como los riesgos ocurridos nos han forzado a aplazar la fecha de finalización.

Además de los riesgos ya mencionados, se ha dado el riesgo RSK004 Incertidumbre en estimaciones. Las estimaciones de tiempo para las distintas tareas no han reflejado el tiempo que exigen en la realidad, y el proyecto ha demostrado ser una labor más larga de lo previsto. Se ha aplicado la acción correctiva del riesgo teniendo presente nuestra experiencia con el proyecto hasta ahora para hacer predicciones más precisas y distribuir mejor el trabajo de las tareas a lo largo de los próximos *sprints*.

SPRINT 11	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 09 - 05	Fecha fin: 16 - 05
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Versión final introducción.		Sí.	
Tarea 2. Cambios en planificación.		Sí.	
Tarea 3. Realización en análisis de los casos de uso.		No, pero se ha progresado en la tarea.	
Tarea 4. <i>Captions</i> y fuentes		No, pero se ha progresado en la tarea.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 13: Seguimiento del sprint 11

SPRINT 12	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 16 - 05	Fecha fin: 23 - 05
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Cambios en estudio del mercado.		Sí.	
Tarea 2. Realización en análisis de los casos de uso.		Sí	
Tarea 3. Arquitectura de aplicación y patrones de diseño.		No, pero se ha progresado en la tarea.	
Tarea 4. Prototipo: frentes, flancos y retaguardias de las unidades.		Sí.	
Riesgos			
RSK003. Falta de disponibilidad en el equipo. El estudiante se encontraba indispuesto el día de la reunión de final de <i>sprint</i> , por lo que se ha realizado la reunión con una videollamada en vez de hacerla de forma presencial. No ha afectado de forma significativa el progreso en el proyecto por lo que no se han aplicado acciones correctivas.			

Tabla 14: Seguimiento del sprint 12

SPRINT 13		Nº de horas: 40 horas		Fecha Inicio: 23 - 05		Fecha fin: 06 - 06	
Tareas que realizar				Tareas acabadas			
Tarea 1. Cambios en análisis.				Sí.			
Tarea 2. Arquitectura de aplicación y patrones de diseño.				No, pero se ha progresado en la tarea.			
Tarea 3. Diseño de la interfaz				No, pero se ha progresado en la tarea.			
Tarea 4. <i>Decomposition style</i> y <i>uses style</i> .				No, pero se ha progresado en la tarea.			
Tarea 5. Prototipo: versión muy básica de toma de decisiones del adversario controlado por el ordenador.				Sí.			
Riesgos							
RSK003. Falta de disponibilidad del equipo. No era posible reunirse para la reunión de final de <i>sprint</i> por lo que se ha aplicado la acción correctiva de replanificar <i>sprints</i> futuros alargando la duración del <i>sprint</i> una semana.							
RSK007. Dificultades en la adquisición de recursos visuales. Los <i>sprites</i> utilizados para los caballos de la caballería y del comandante solo se permiten utilizar en juegos que utilicen el motor de juego RPGMaker. Este dato no se conocía antes, por lo que ha sido necesario modificar los <i>sprites</i> de las unidades mencionadas usando otros recursos visuales que sí se pueden utilizar en este proyecto.							

Tabla 15: Seguimiento del sprint 13

SPRINT 14	Nº de horas: 10 horas	Fecha Inicio: 06 - 06	Fecha fin: 13 - 06
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Arquitectura de aplicación y patrones de diseño.		Sí.	
Tarea 2. Diseño de la interfaz		Sí.	
Tarea 3. <i>Decomposition style</i> y <i>uses style</i> .		Parcialmente, <i>uses style</i> acabado, falta el <i>decomposition style</i> .	
Tarea 4. Diagrama de despliegue.		Sí.	
Riesgos			
RSK003. Falta de disponibilidad del equipo. El estudiante estaba de viaje y ha tenido tiempo limitado para trabajar. Ya se había replanificado el <i>sprint</i> para tener en cuenta el tiempo limitado del estudiante para trabajar en estas fechas, por lo que no ha provocado ningún cambio en la planificación.			

Tabla 16: Seguimiento del sprint 14

SPRINT 15	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 13 - 06	Fecha fin: 20 - 06
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Capítulo de implementación.		Sí.	
Tarea 3. <i>Decomposition style</i> .		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 17: Seguimiento del sprint 15

SPRINT 16	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 20 - 06	Fecha fin: 27 - 06
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Capítulo de implementación v2.		Sí.	
Tarea 2. Prototipo: versión avanzada de la toma de decisiones del adversario controlado por la máquina		Sí.	
Tarea 3. Prototipo: acabar menús.		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 18: Seguimiento del sprint 16

SPRINT 17	Nº de horas: 30 horas	Fecha Inicio: 27 - 06	Fecha fin: 04 - 07
Tareas que realizar		Tareas acabadas	
Tarea 1. Capítulo de pruebas.		Sí.	
Tarea 2. Capítulo de conclusiones.		Sí.	
Tarea 3. Terminar seguimiento y cálculo de presupuesto.		Sí.	
Tarea 4. Cambios finales en el programa.		Sí.	
Riesgos			
Ninguno.			

Tabla 19: Seguimiento del sprint 17

Frente a las 300 horas de trabajo de la planificación inicial, las horas de trabajo totales para la planificación real han sido 470.

2.5. Presupuesto

Si evaluásemos el presupuesto del proyecto basándonos en la situación del estudiante, la gran mayoría de costes asociados al desarrollo pasarían a ser nulos. Dado que ya se dispone de las licencias de las herramientas, tiene su propio portátil de trabajo y no necesita pagar el alquiler (ya que vive con su familia), solo quedarían los costes de sueldo y del ROI del portátil, lo cual en total nos daría un coste de 4.563,42 € de presupuesto inicial y 7.149,36 € de presupuesto real.

En vez de esto, hemos optado por calcular el presupuesto tratando al estudiante como un trabajador autónomo. En la Tabla 20 podemos ver los cálculos realizados para obtener el presupuesto inicial (de 300 horas) y el presupuesto real (de 470 horas):

Presupuesto de la planificación				
	Concepto	Coste / hora	300 horas	470 horas
Equipo	Portátil de trabajo	-	700,00 €	700,00 €
	ROI del portátil	0,0114 €	3,42 €	5,36 €
Sueldo	Project Manager	21,00 €	6.300,00 €	9.870,00 €
	QA Tester	13,00 €	3.900,00 €	6.110,00 €
	Programador	16,00 €	4.800,00 €	7.250,00 €
	Artista 2D	10,00 €	3.000,00 €	4.700,00 €
	Diseñador de audio	16,00 €	4.800,00 €	7.250,00 €
	Sueldo medio	15,20 €	4.560,00 €	7.144,00 €
	Concepto	Coste / mes	3 meses	5 meses
Licencias	Astah Professional	8,99 €	26,97 €	44,95 €
	Office individual	10,00 €	30,00 €	50,00 €
	GameMaker Free	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Alquiler	Sala coworking	135,99 €	407,97 €	679,95 €
			Coste inicial	Coste real
Total			5728,36 €	8624,26 €

Tabla 20: Cálculo del coste de la planificación inicial y la planificación real

Los costes asociados al equipo y al sueldo se han calculado por horas, mientras que los costes de las licencias y el alquiler han sido calculados por meses (dado que no existe ninguna opción de suscripción o alquiler por horas que sea más barato que pagar los meses que sean necesarios).

El coste del portátil se basa en la cantidad que pagó por él el estudiante, y su ROI se ha calculado suponiendo una vida útil de 7 años. El sueldo promedio por hora (tomando Valladolid como referencia si existía la información, y si no de España) se ha tomado de la página web Glassdoor [51]. Los precios de las licencias [52] [53] [54] se han calculado asumiendo que el autónomo no se beneficia de ser estudiante.

Para este supuesto, se ha decidido alquilar una sala de coworking para no depender de varios gastos como la luz, la calefacción y las tarifas [55]. También se ha asumido que no se requieren todas las opciones de exportación de proyectos de las suscripciones premium de GameMaker.

Con todos los datos calculados, tenemos que el presupuesto asociado a la planificación inicial es 5728,36 €. Por otro lado, el presupuesto asociado a la planificación real es 8624,26 €.

3. Análisis

En la etapa de análisis estudiamos las necesidades a las que responde el sistema, definiendo en detalle los servicios que proporcionan la solución a estos problemas, las personas interesadas en dichas soluciones y los procesos que deben de seguir al interactuar con el sistema. Durante este estudio modelamos la estructura del sistema y delimitamos su alcance, creando una base para todas las fases de desarrollo posteriores.

3.1. Actores y roles

El **Jugador** es el actor que va a interactuar con nuestro Sistema navegando los menús del juego, realizando jugadas con sus tropas y obteniendo la victoria o derrota al final de la partida.

En una partida puede enfrentarse un Jugador contra la máquina (es decir, contra el Sistema) o pueden enfrentarse dos actores Jugador uno contra otro.

3.2. Requisitos

Los requisitos del sistema consisten en la definición de qué debe hacer el sistema, o dicho de otra forma, los servicios que debe ofrecer al cliente. Con este propósito definimos los requisitos funcionales, las reglas de negocio, los requisitos no funcionales y los requisitos de información del sistema.

3.2.1. Requisitos funcionales

- RF1.** El Sistema deberá anunciar la victoria o derrota al final de la partida
- RF2.** El Sistema deberá implementar un sistema de turnos para el control de juego de los jugadores
- RF3.** El Jugador deberá poder mover las unidades de su equipo
- RF4.** El Jugador deberá poder disparar con las unidades de su equipo
- RF5.** El Jugador deberá poder hacer cargas con las unidades de su equipo
- RF6.** El Sistema deberá distinguir ambos bandos con uniformes diferentes
- RF7.** El Sistema deberá incorporar obstáculos en el espacio de juego
- RF8.** El Sistema deberá señalizar las acciones del Jugador con efectos visuales y sonoros
- RF9.** El Sistema deberá incorporar un sistema de toma de decisiones para que el Jugador pueda jugar contra el ordenador
- RF10.** El Sistema deberá permitir al Jugador jugar con otro Jugador con un solo dispositivo

3.2.2. Reglas de negocio

- RN1.** El juego sigue las reglas detalladas en el anexo, que no se incluye aquí por brevedad
- RN2.** Las partidas se juegan entre dos Jugadores.
- RN3.** Los tipos de unidad son infantería, caballería, artillería y comandante
- RN4.** Cargar hacia una unidad enemiga por el flanco o por la retaguardia ofrece ventajas frente a cargar de frente
- RN5.** El Jugador que consiga que las fuerzas del otro equipo alcancen su punto de agotamiento primero es el ganador de la partida

3.2.3. Requisitos no funcionales

- RNF1.** El Sistema deberá utilizar el motor de juego GameMaker
- RNF2.** El Sistema deberá tener un tiempo de carga de menos de 5 segundos al iniciar una partida.
- RNF3.** El Sistema deberá mantener un rendimiento satisfactorio para aquellos usuarios cuyo ordenador no disponga de una tarjeta gráfica dedicada.
- RNF4.** El Sistema no deberá ocupar más de 1GB de espacio.
- RNF5.** El Sistema deberá señalar todas las jugadas que se pueden realizar (movimiento, ataque a distancia y carga) al seleccionar una unidad
- RNF6.** El Sistema deberá permitir al Jugador cambiar el volumen de los efectos de sonido y la música
- RNF7.** El Sistema deberá dar crédito a Bob Cordery por la creación del juego original y los derechos de The Portable Wargame
- RNF8.** El Sistema deberá dar crédito al trabajo de aquellas personas cuyo trabajo se haya utilizado como recursos para *sprites*

Se ha descartado un requisito no funcional, “El Sistema deberá permitir al Jugador cambiar el brillo del juego”, debido a que GameMaker no ofrece la opción de modificar de forma directa el brillo del juego, y todo ordenador viene con la funcionalidad de modificar el brillo de la pantalla.

3.2.4. Requisitos de información

- RI1.** El Sistema deberá guardar los cuatro tipos de unidades: infantería, caballería, artillería y comandante
- RI2.** El Sistema deberá guardar el rango de movimiento y el rango de ataque de los tipos de unidades
- RI3.** El Sistema deberá guardar las probabilidades de recibir daño durante una carga según el tipo de unidad
- RI4.** El Sistema deberá guardar los puntos de fuerza actuales y el punto de agotamiento de ambos equipos

Se ha descartado el requisito de información “El Sistema deberá guardar las estadísticas del Jugador” dado que carece de utilidad sin un componente online para comparar con otros usuarios.

3.3. Casos de uso

Los casos de uso son las descripciones de las posibles interacciones de los usuarios con el sistema para cumplir sus objetivos. Estas interacciones deben cumplir con los requisitos del sistema, por lo que los casos de usos ayudan a identificar nuevos requisitos y viceversa.

3.3.1. Diagrama de casos de uso

Los casos de uso se representan a través de diagramas UML. Aquí tenemos un diagrama de casos de uso que muestra los actores del sistema, así como los casos de uso en los que intervienen.

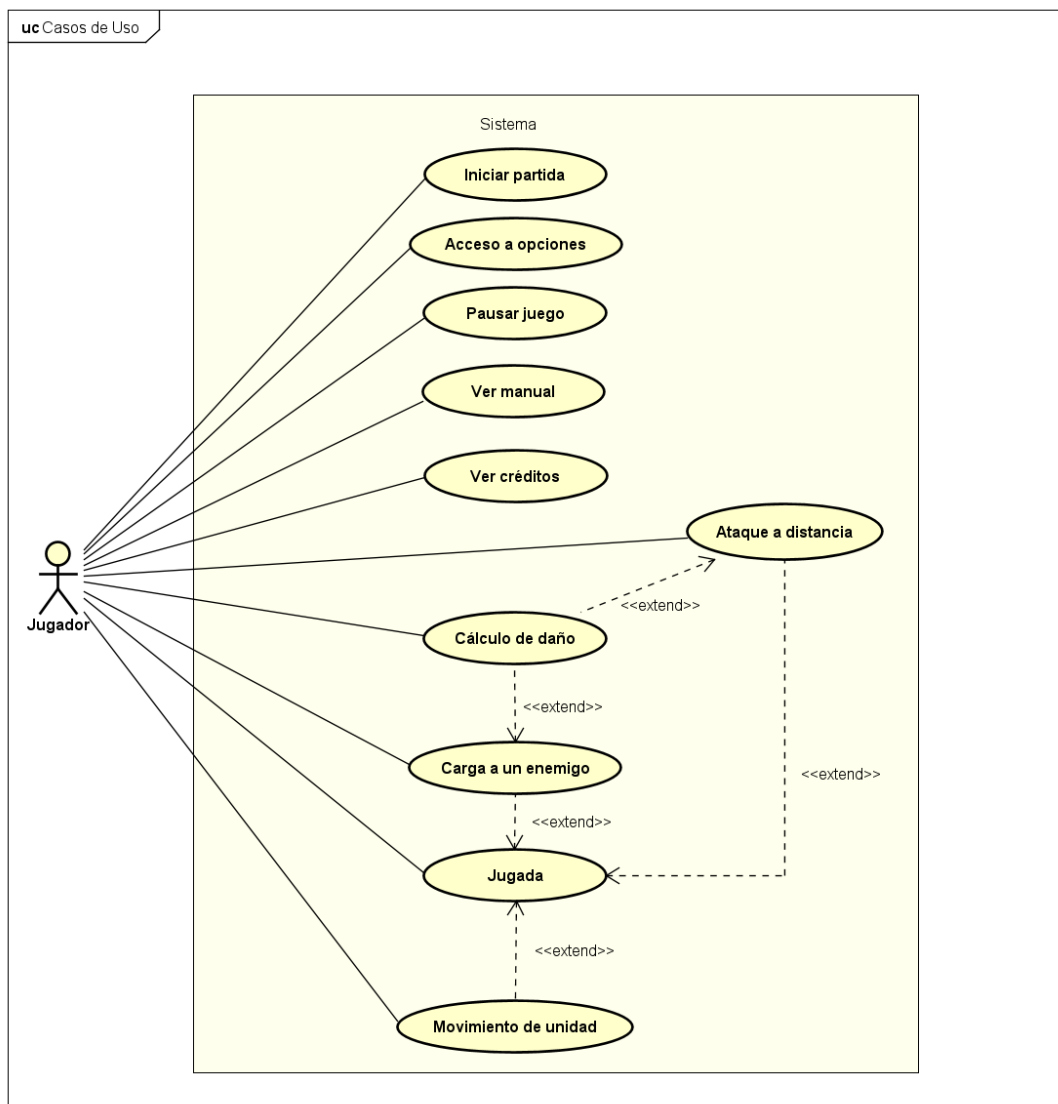


Figura 31: Diagrama de casos de uso

3.3.2. Descripción textual de los casos de uso

La descripción textual de los casos de uso detalla todos los pasos y posibles flujos de ejecución del caso de uso.

CU1. Iniciar partida	
Precondición:	El Jugador se encuentra en el menú principal
Postcondición:	La Partida ha comenzado
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona la opción del menú principal “partida rápida” 2. El Sistema muestra por pantalla las opciones “Vs CPU” y “Vs Jugador” 3. El Jugador selecciona la opción “Vs CPU” 4. El Sistema comienza una partida contra el ordenador y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	3A: El Jugador vuelve atrás, el caso de uso queda sin efecto
	3B: El Jugador selecciona la opción “Vs Jugador”, el Sistema comienza una partida multijugador y el caso de uso queda sin efecto

Tabla 21: Descripción textual del caso de uso 1. Iniciar partida

CU2. Pausar juego	
Precondición:	El Jugador se encuentra en una partida
Postcondición:	La partida está pausada y el menú de pausa es visible
Secuencia principal:	1. El Jugador pulsa la tecla de pausa o el botón de pausa 2. El Sistema pausa el juego mostrando el menú de pausa 3. El Jugador accede a opciones (CU3) 4. El Jugador accede al manual (CU4) 5. El Jugador accede a los créditos (CU10) 6. El Jugador elige salir del menú de pausa 7. El Sistema devuelve al Jugador al juego y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	3A, 4A, 5A, 6A: Si el Jugador decide salir de la partida, el Sistema acaba la partida declarando al equipo contrario como ganador y el caso de uso finaliza
	3B: El Jugador accede al manual (CU4) y se salta al paso 5
	4B: El Jugador accede a los créditos (CU10) y se salta al paso 6
	3C, 4C, 5B: El Jugador elige salir del menú de pausa, el Sistema devuelve al Jugador al juego y el caso de uso finaliza

Tabla 22: Descripción textual del caso de uso 2. Pausar juego.

CU3. Acceso a opciones	
Precondición:	El Jugador está en el menú principal o en el menú de pausa
Postcondición:	Se han implementado los cambios y el Jugador se encuentra en el menú desde el que ha accedido a opciones
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona la sección de opciones 2. El Sistema muestra el menú de opciones 3. El Jugador cambia las opciones que considere 4. El Jugador guarda los cambios 5. El Sistema implementa los cambios, devuelve al Jugador al menú y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	3A: Si el Jugador cancela los cambios, el caso de uso queda sin efecto

Tabla 23: Descripción textual del caso de uso 3. Acceso a opciones

CU4. Ver manual	
Precondición:	El Jugador está en el menú principal o en el menú de pausa
Postcondición:	Se puede ver el manual con las reglas del juego
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona la sección del manual 2. El Sistema muestra el manual con las reglas del juego y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	

Tabla 24: Descripción textual del caso de uso 4. Ver manual

CU5. Jugada	
Precondición:	Es el turno del Jugador y la unidad no ha sido utilizada este turno
Postcondición:	Se ha realizado la jugada y la unidad queda marcada como utilizada
Secuencia principal:	1. El Jugador hace clic en una unidad 2. El Sistema muestra al Jugador los espacios disponibles según los obstáculos y la velocidad de movimiento de la unidad, así como las unidades enemigas a las que puede cargar o disparar con un ataque a distancia según el rango de ataque de la unidad y los obstáculos del tablero 3. El Jugador mueve la unidad (CU6) 4. El Sistema actualiza y muestra al Jugador las unidades enemigas a las que puede cargar o disparar con un ataque a distancia 5. El Jugador hace un ataque a distancia (CU7) 6. El Sistema marca la unidad como utilizada y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	1A, 3A, 5A: El Jugador pausa la partida (CU2)
	3B: El Jugador hace un ataque a distancia (CU7) y se salta al paso 6
	3C, 5B: Si el Jugador hace una carga a un enemigo adyacente (CU8), se salta al paso 6
	3D, 5C: Si el Jugador termina la jugada, se salta al paso 6
	4A: El Sistema comprueba que el Jugador ha movido una unidad de artillería y se salta al paso 6
	4B: El Sistema comprueba que la unidad seleccionada es un comandante y se salta al paso 6
	5D: Si el Jugador termina la jugada, se salta al paso 6

Tabla 25: Descripción textual del caso de uso 5. Jugada

CU6. Movimiento de unidad	
Precondición:	La unidad ha sido seleccionada y no se ha movido este turno
Postcondición:	La unidad se ha movido al lugar seleccionado
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona a dónde quiere mover la unidad de entre las opciones disponibles 2. El Sistema mueve a la unidad al lugar seleccionado y da la opción de cambiar la orientación 3. El Jugador selecciona la orientación de la unidad 4. El Sistema gira la unidad a la orientación seleccionada y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	2A: Si el Sistema comprueba que la unidad se ha movido a una casilla adyacente a una unidad enemiga, gira la unidad para que mire al enemigo y el caso de uso finaliza
	3A: El Jugador pausa la partida (CU2)

Tabla 26: Descripción textual del caso de uso 6. Movimiento de unidad

CU7. Ataque a distancia	
Precondición:	La unidad ha sido seleccionada, no es un comandante y no ha atacado ni se ha movido más de la distancia permitida para disparar a continuación
Postcondición:	Se ha calculado el resultado del ataque a distancia
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona a qué unidad enemiga quiere disparar 2. El Sistema comprueba que el disparo acierta, se realiza el cálculo de daño (CU9) y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	2A: Si el Sistema comprueba que el disparo no acierta, el caso de uso finaliza
	2B: Si la unidad que dispara es de artillería y el Sistema comprueba que el disparo se ha desviado a una casilla con una unidad, se realiza el cálculo de daño (CU9) para esa unidad y el caso de uso finaliza
	2C: Si la unidad que dispara es de artillería y el Sistema comprueba que el disparo se ha desviado a una casilla sin unidad, el caso de uso finaliza

Tabla 27: Descripción textual del caso de uso 7. Ataque a distancia

CU8. Carga a un enemigo	
Precondición:	La unidad ha sido seleccionada y está en una casilla adyacente a un enemigo
Postcondición:	Se ha marcado el daño realizado
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona a qué enemigo quiere cargar 2. El Sistema calcula el resultado de la carga e informa al respecto 3. El Sistema ha calculado que la unidad que ha iniciado la carga no ha recibido daño 4. El Sistema ha calculado que la unidad que ha recibido la carga ha recibido daño y realiza el cálculo de daño (CU9) y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	3A: Si el Sistema ha calculado que la unidad que ha iniciado la carga ha recibido daño, realiza el cálculo de daño (CU9) y se salta al paso 4
	4A: Si el Sistema ha calculado que la unidad que ha recibido la carga no ha recibido daño, se salta al paso 5

Tabla 28: Descripción textual del caso de uso 8. Carga a un enemigo

CU9. Cálculo de daño	
Precondición:	La unidad ha recibido daño por un disparo o una carga
Postcondición:	La unidad retrocede o es eliminada del tablero
Secuencia principal:	1. El Sistema calcula que la unidad supera la tirada de daño, mueve la unidad una casilla hacia atrás y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	1A: Si el Sistema calcula que la unidad no supera la tirada de daño, elimina la unidad del tablero y el caso de uso finaliza

Tabla 29: Descripción textual del caso de uso 9. Cálculo de daño

CU10. Ver créditos	
Precondición:	El Jugador está en el menú principal o en el menú de pausa
Postcondición:	Se puede ver los créditos del juego
Secuencia principal:	1. El Jugador selecciona la sección de créditos 2. El Sistema muestra los créditos y el caso de uso finaliza
Secuencias alternativas:	

Tabla 30: Descripción textual del caso de uso 10. Ver créditos

3.3.3. Realización en análisis de los casos de uso

Una vez descritos los casos de uso, mostramos la realización en análisis del caso de uso, que muestra los flujos de ejecución de forma más visual.

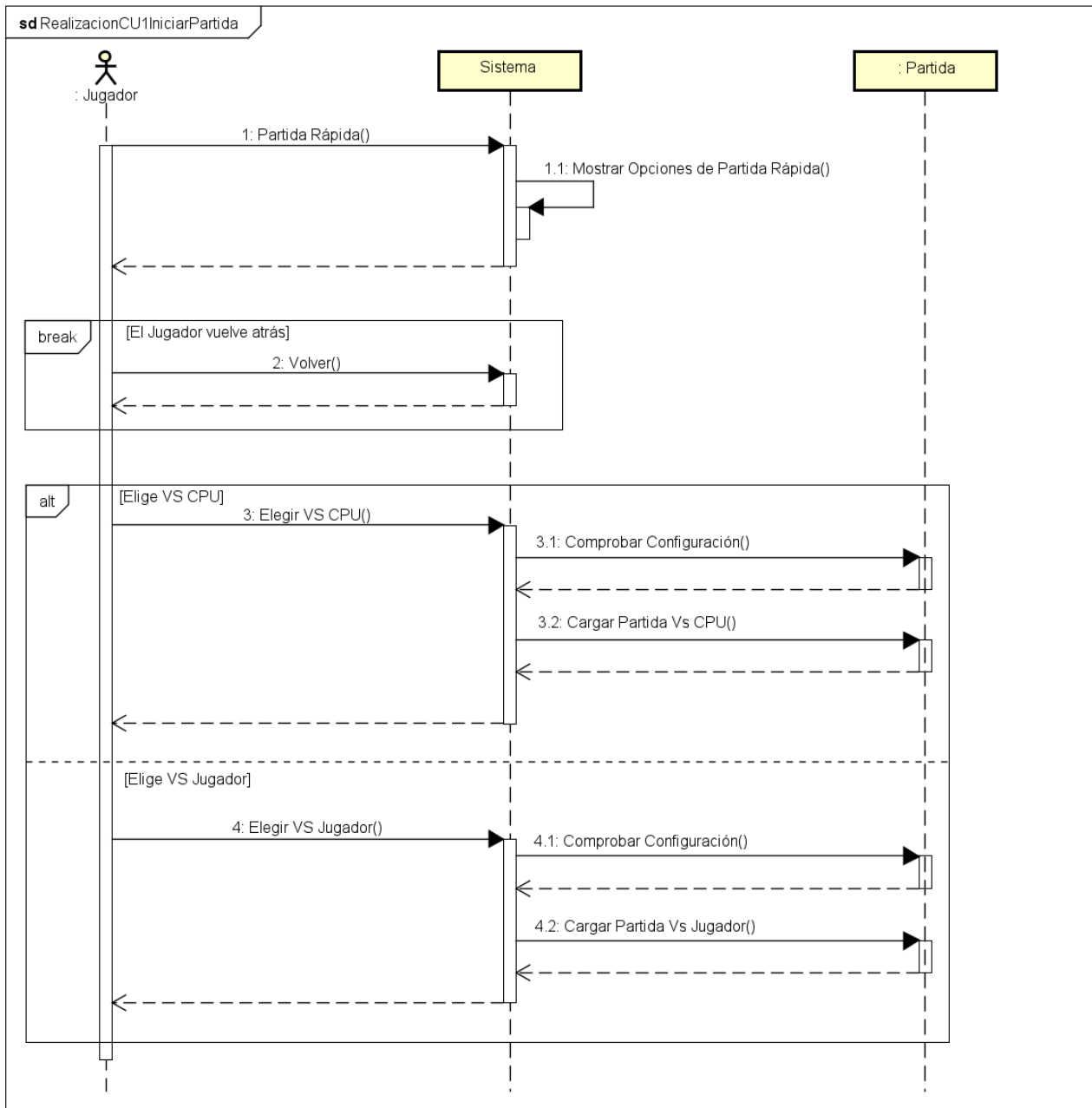


Figura 32: Realización en análisis del CU 1. Iniciar partida.

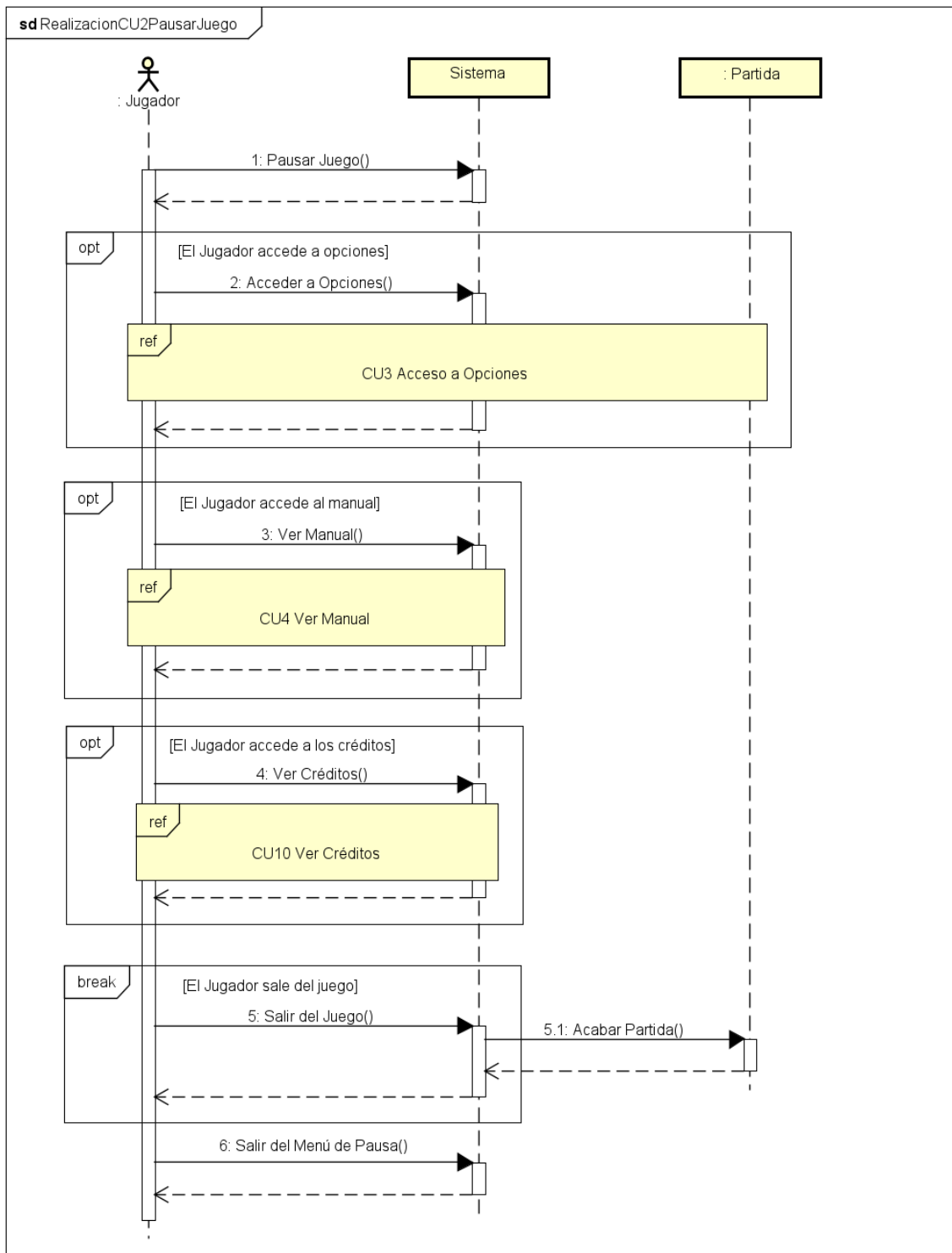


Figura 33: Realización en análisis del CU2. Pausar juego

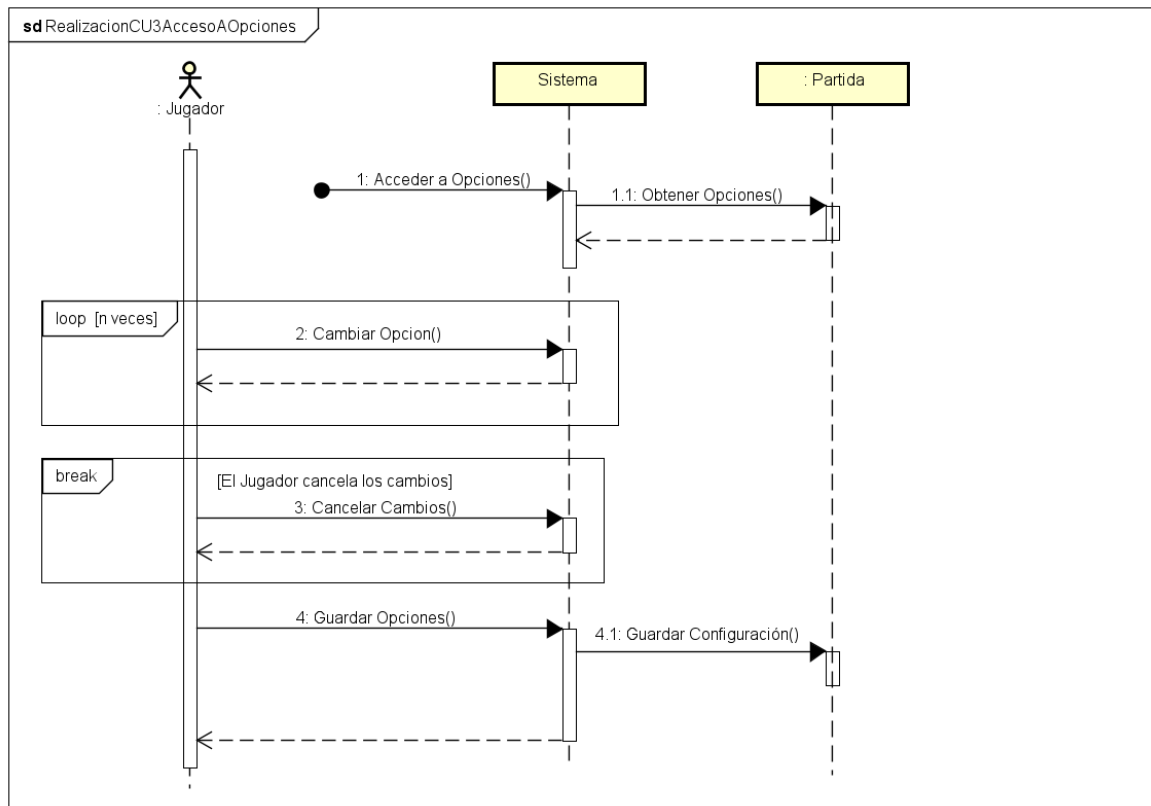


Figura 34: Realización en análisis del CU3. Acceso a opciones

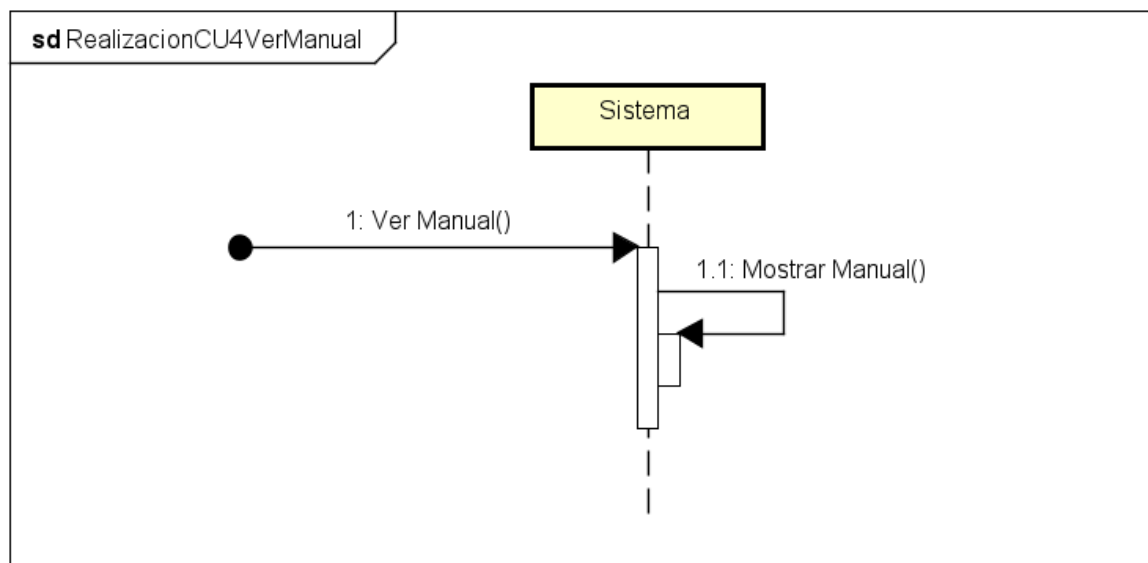


Figura 35: Realización en análisis del CU4. Ver manual

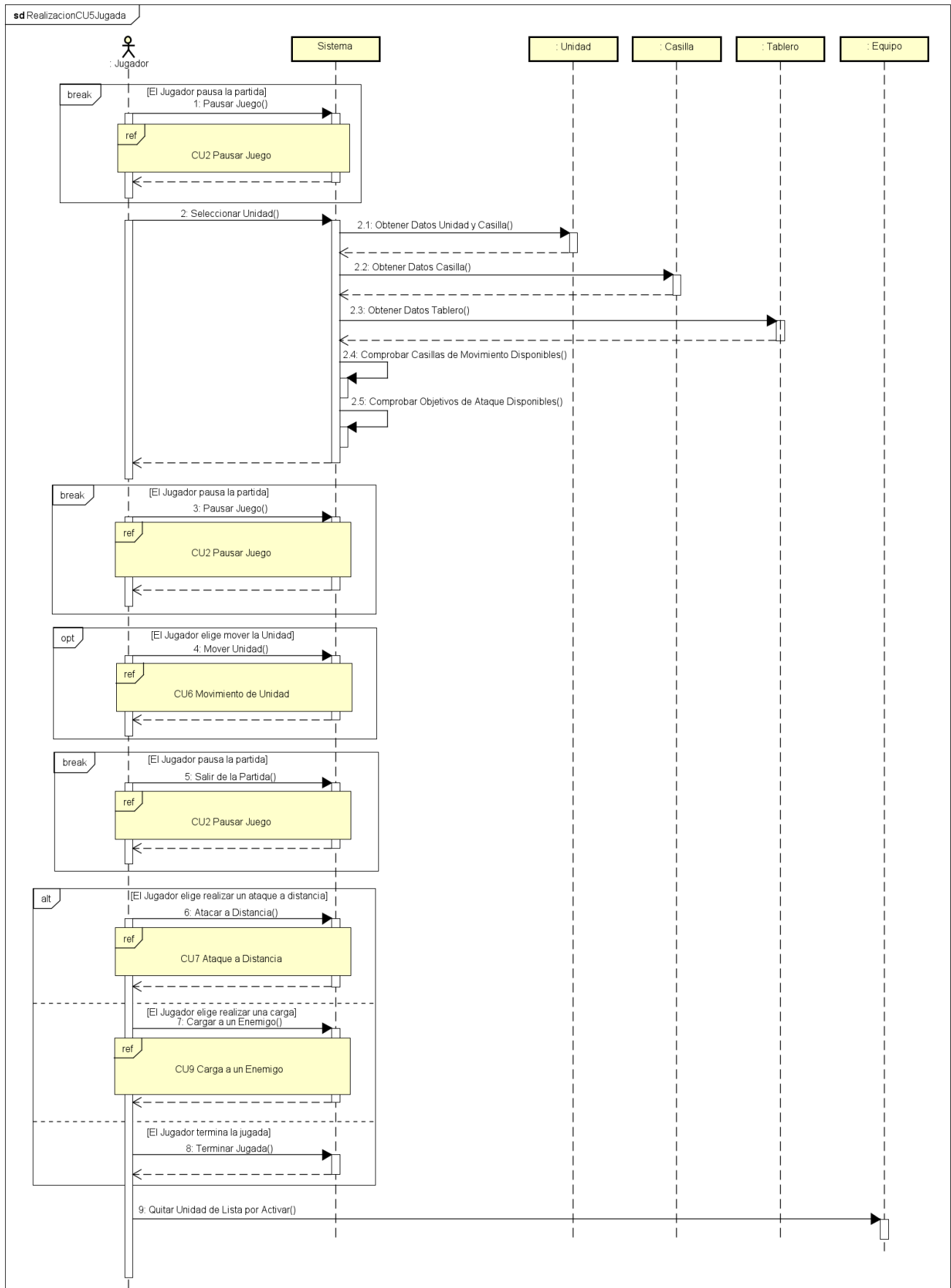


Figura 36: Realización en análisis del CU5. Jugada

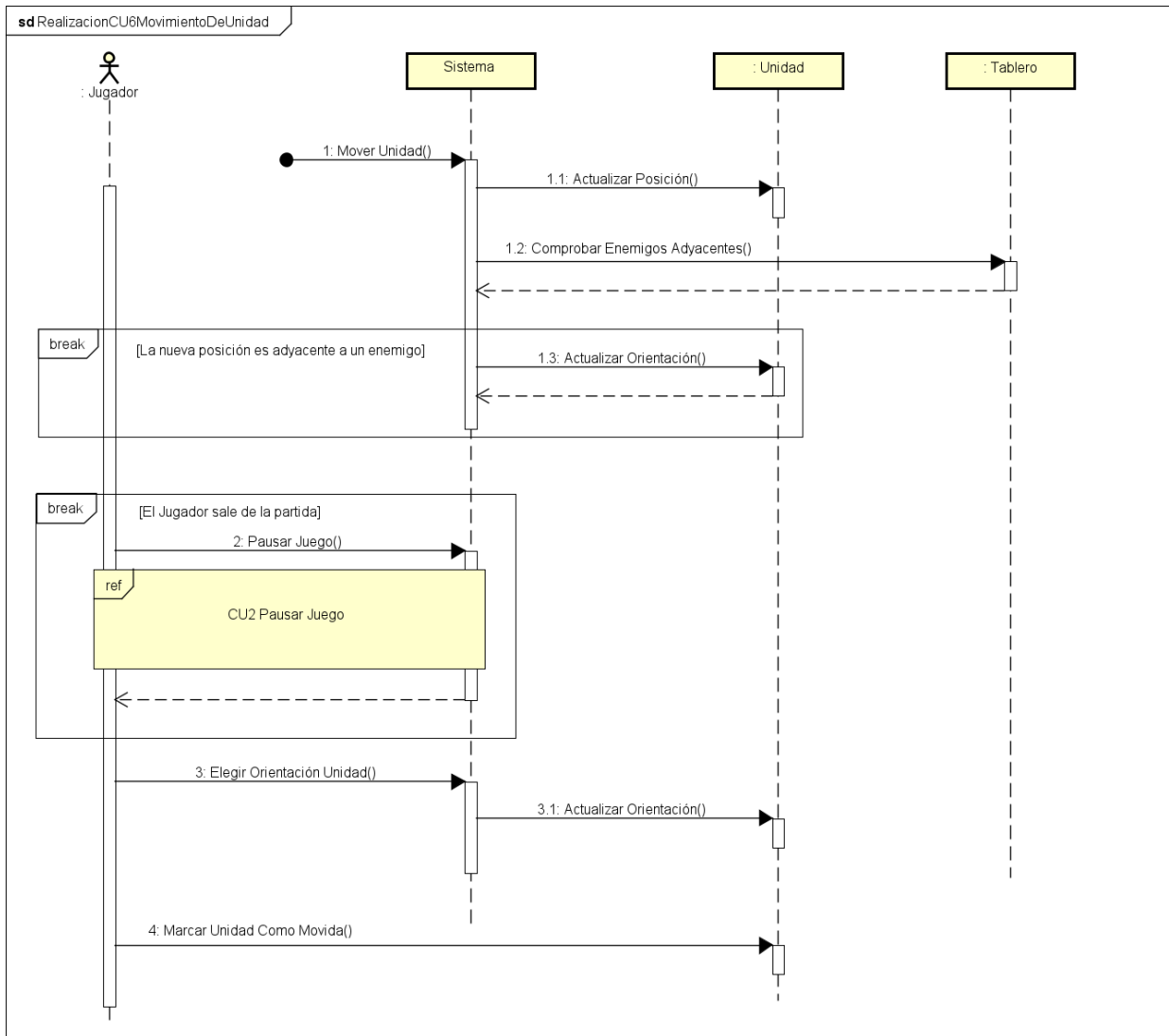


Figura 37: Realización en análisis del CU6. Movimiento de unidad

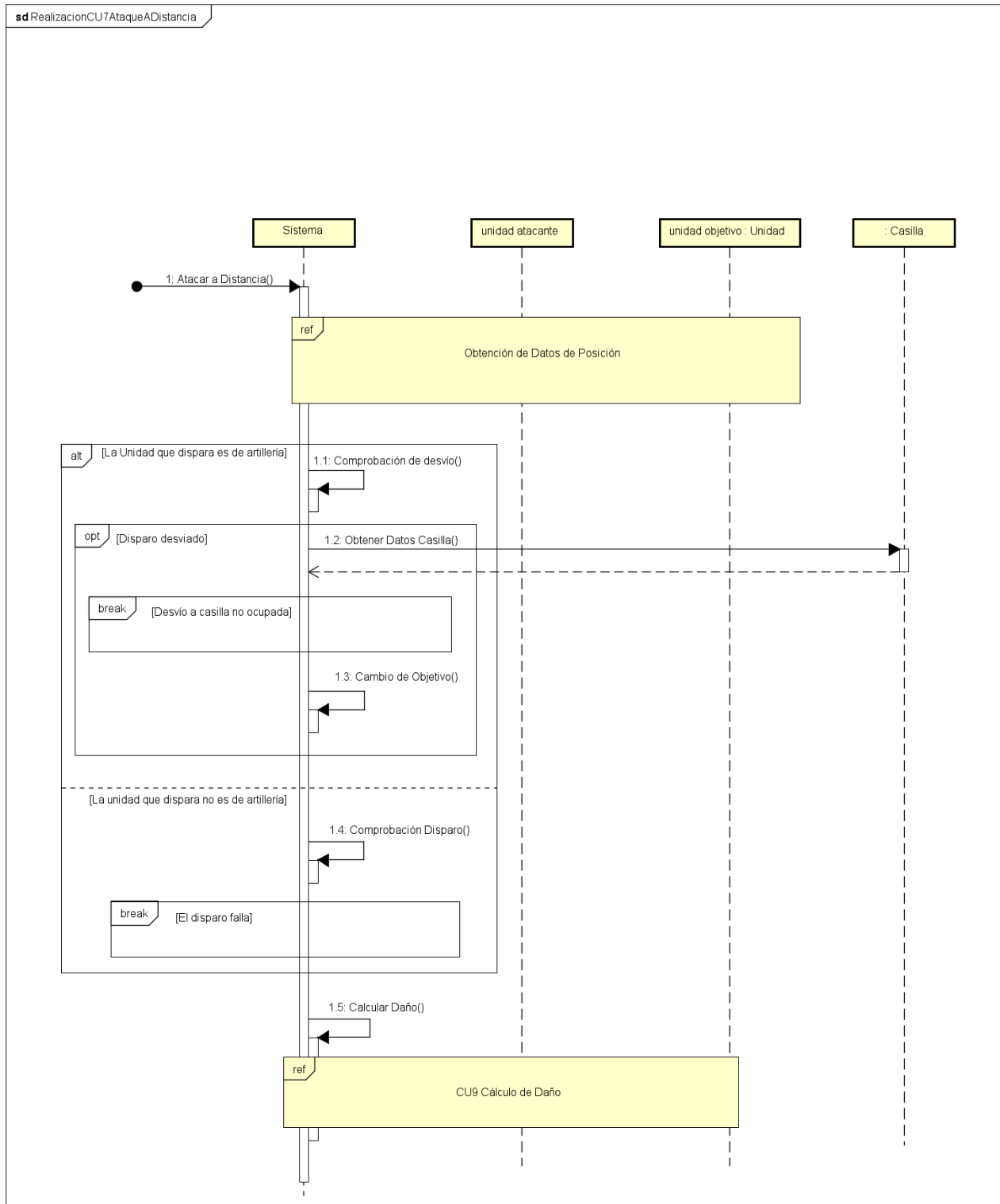


Figura 38: Realización en análisis del CU7. Ataque a distancia

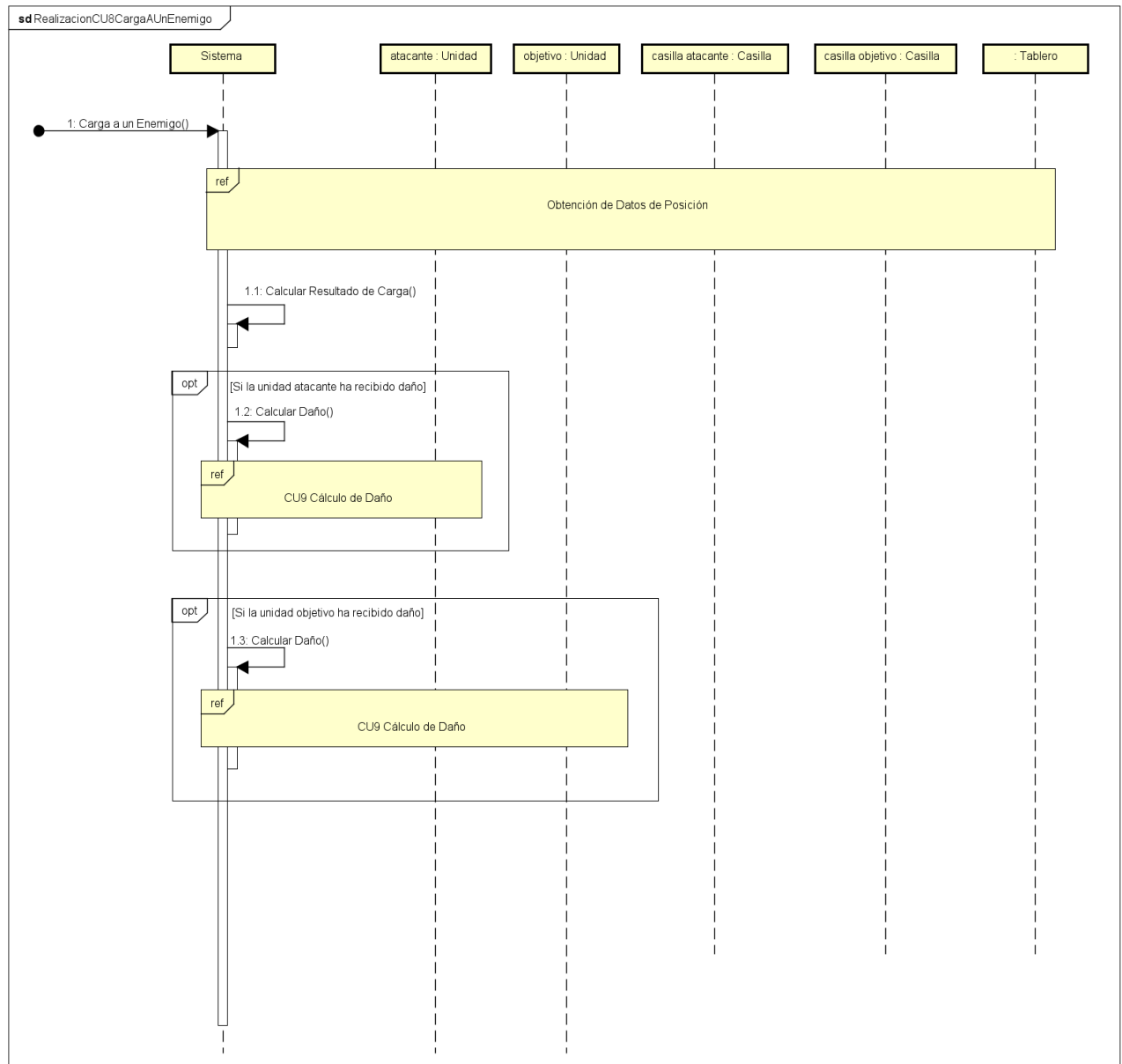


Figura 39: Realización en análisis del CU8. Carga a un enemigo

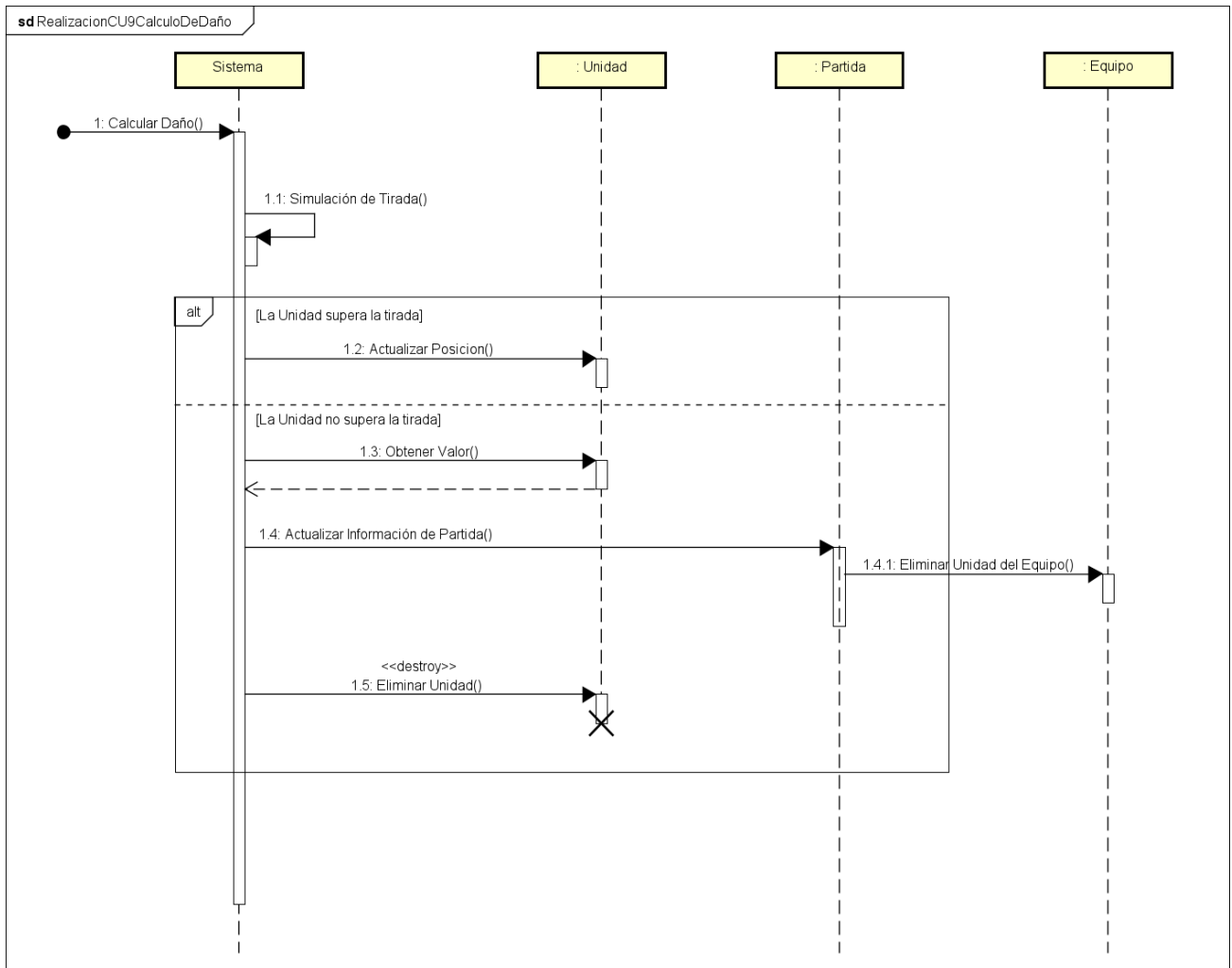


Figura 40: Realización en análisis del CU9. Cálculo de daño

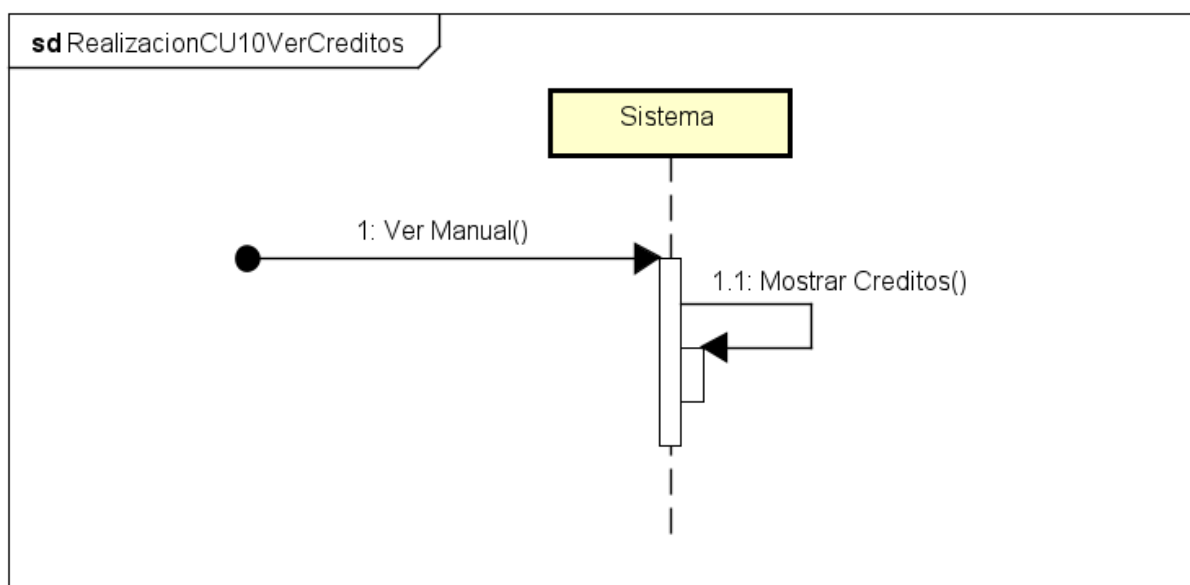


Figura 41: Realización en análisis del CU4. Ver manual

3.4. Modelo de dominio

En el modelo de dominio representamos las entidades del problema, la información que contienen y las relaciones que existen entre ellas. De esta forma podemos definir los elementos que manejará el sistema durante la ejecución de los casos de uso, así como la forma en que pueden comunicarse la información entre sí.

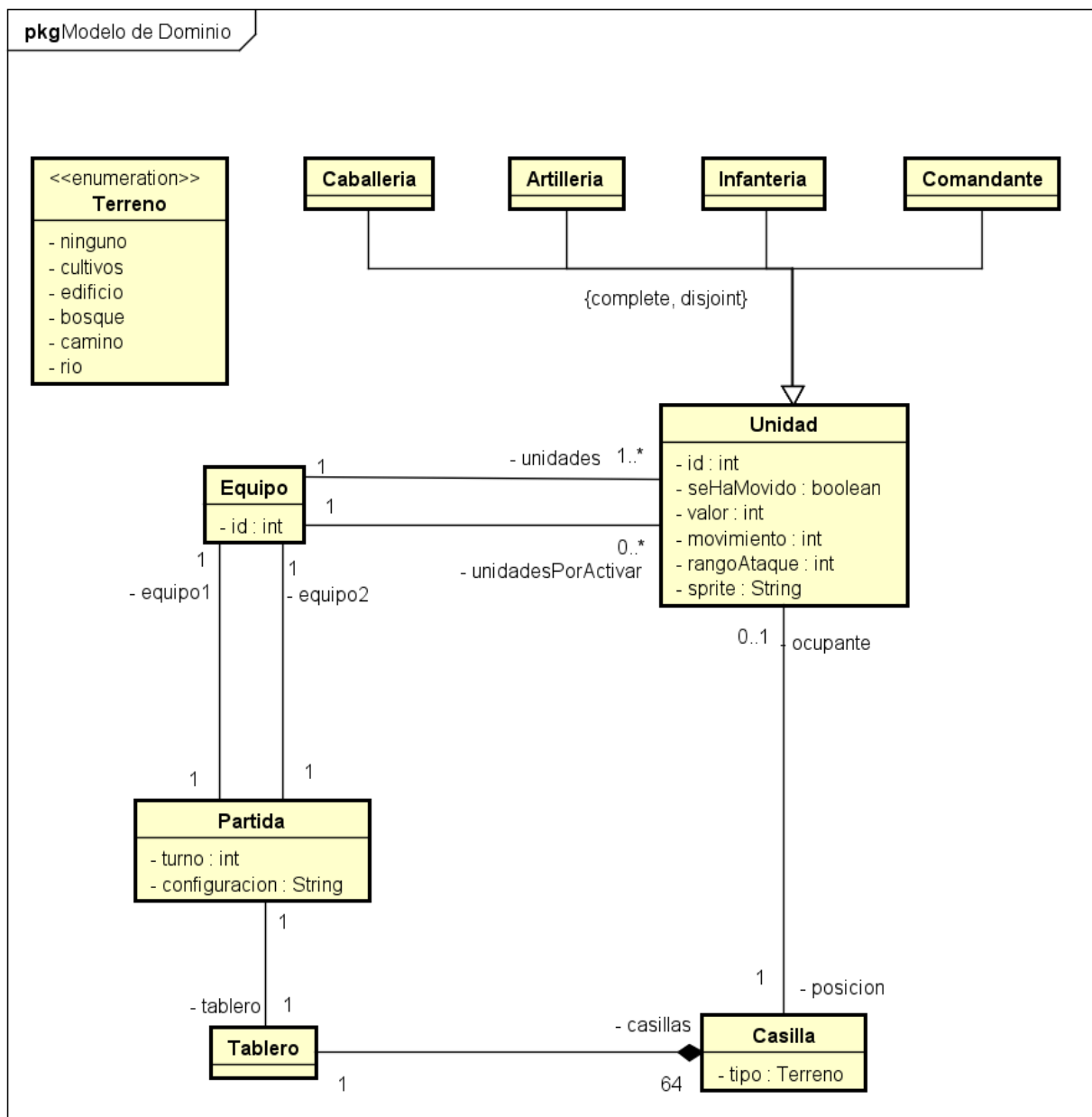


Figura 42: Modelo de dominio

4. Diseño

4.1. Arquitectura del sistema

Nuestra aplicación va a utilizar una arquitectura orientada a eventos, comúnmente vista en el desarrollo de videojuegos, así como en otros tipos de software que hacen uso de una interfaz gráfica para interactuar con el usuario.

La arquitectura orientada a eventos es un estilo arquitectónico de software distribuido y asíncrono que favorece la escalabilidad, la adaptabilidad y el bajo acoplamiento del sistema, así como su rendimiento [56].

Como se puede ver en la Figura 43, esta arquitectura dispone de tres elementos esenciales:

- Productores de eventos.
- Canales de eventos.
- Consumidores de eventos.

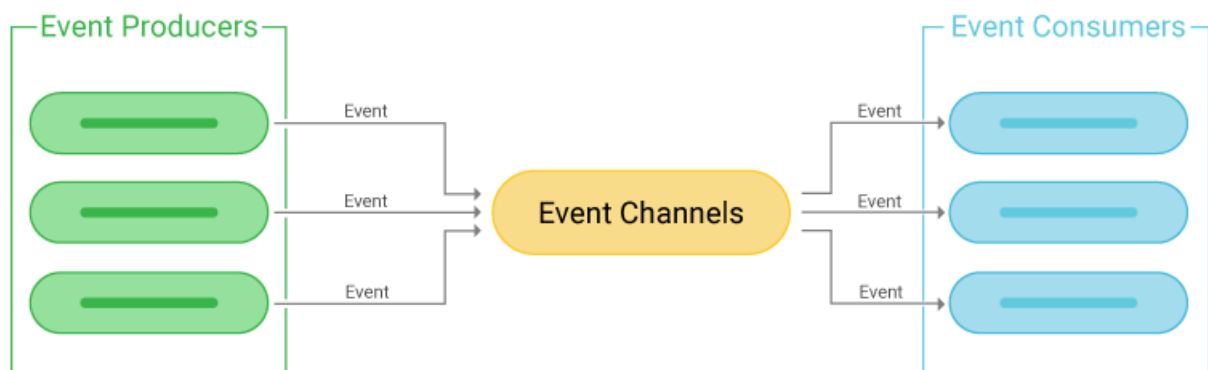


Figura 43: Diagrama explicativo de los elementos de la arquitectura orientada a eventos

Para identificar adecuadamente cómo estos elementos se traducen al diseño de nuestra aplicación, es necesario mencionar primero que los eventos de nuestro proyecto se dividen en dos categorías: aquellos que se disparan con cada iteración del *game loop*, y aquellos que son disparados por otro evento, entre ellos los que gestionan la interacción con el Jugador, como el clic del ratón.

La primera categoría de eventos son disparados por el propio motor GameMaker, aunque este no forma parte del diseño de nuestro sistema. Para la segunda categoría, los productores de eventos son las clases de la interfaz (el objeto cursor, dedicado a seguir las acciones del Jugador a través del ratón, así como la clase botón), que responden a la interacción con el Jugador con el lanzamiento de estos eventos.

Los canales de eventos son implementados por el propio motor GameMaker, ya que las funcionalidades de cada objeto están divididas en secciones para cada evento al que puede responder dicho objeto, es decir, que el motor gestiona y dirige los eventos lanzados a los consumidores de eventos correspondientes.

Para la primera categoría todos los objetos son consumidores de eventos (debido al *step event* y al *draw event* que tiene lugar con cada iteración del *game loop*). Para la segunda categoría, aquellas clases que representan el dominio del juego (unidades, casillas de tablero, etc) serán los consumidores de eventos.

4.2. Patrones de diseño

El primero de los patrones de diseño que hemos utilizado específico de la arquitectura orientada a eventos es el **procesamiento de flujo de datos** (*event stream processing*), dado que GameMaker lo implementa de forma nativa. En cada paso (step) del bucle de juego se procesan todos los eventos que se han lanzado de forma secuencial. [57]

Otro patrón de diseño esencial para un proyecto software de estas características y comúnmente utilizado en videojuegos es el ya mencionado **bucle de juego** (*game loop*) [58]. El lanzamiento y procesamiento de datos está ligado al número de imágenes que muestra el juego por segundo, es decir, su tasa de fps (*frames per second*). Con cada *frame* se lanzan y procesan los eventos, y la ejecución resultante debe acabar a tiempo para el próximo *frame*. Si el juego no puede realizar esta ejecución a tiempo, el juego se ve forzado a bajar la tasa de *frames* por segundo, y por tanto el juego va más despacio, por lo que resulta especialmente importante mantener un buen rendimiento. La Figura 44 muestra las fases de un bucle de funcionamiento similar.

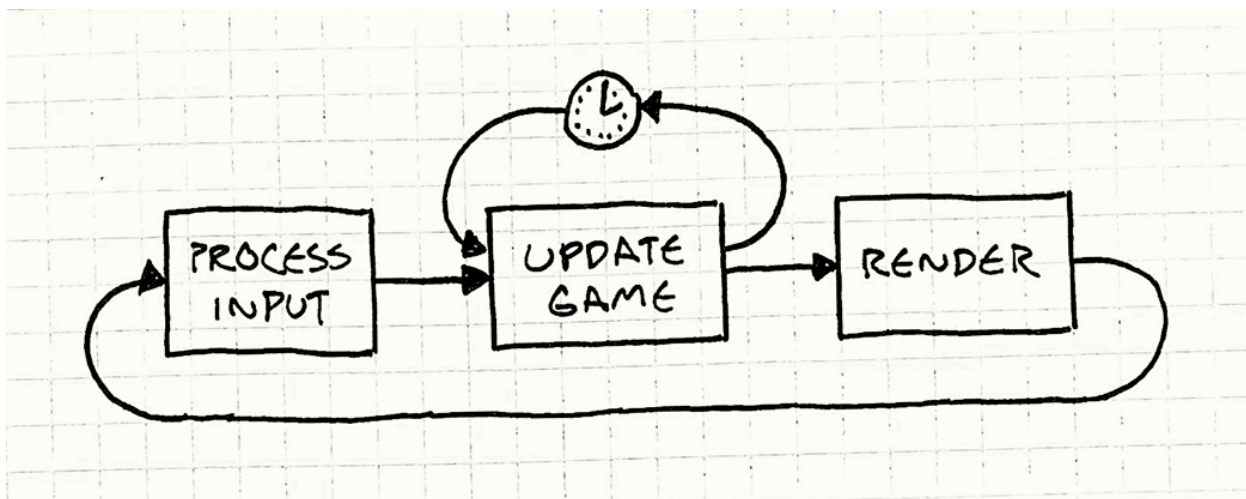


Figura 44: Explicación visual de una de las variantes comunes de bucle de juego, por Robert Nystrom

También utilizamos el patrón de diseño **Singleton** [58] en la Partida, dado que solo debe existir una instancia de esta. Se crea en el CU1 Iniciar Partida y se elimina si el CU5 Jugada acaba con el final de la partida o si el Jugador elige salir de ella desde el CU2 Pausar Juego.

4.3. Diagramas de Diseño

Para continuar explicando las decisiones de diseño que se han tomado, hemos elaborado los siguientes diagramas de diseño.

4.3.1. Decomposition Style

El diagrama *decomposition style* muestra la estructura de paquetes del sistema. Se ha decidido mantener la estructura predeterminada, una carpeta para cada tipo de recurso.

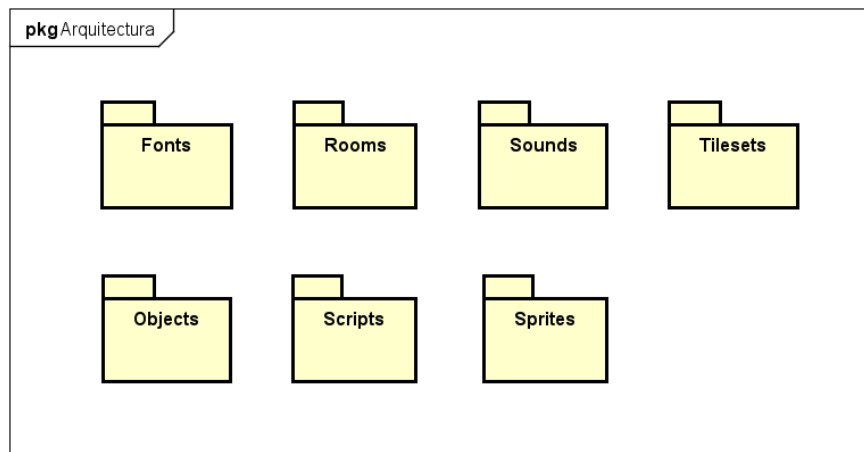


Figura 45: Decomposition style general

4.3.2. Uses Style

El diagrama *uses style* muestra la dependencia entre los paquetes del sistema (quién usa/depende de cuál).

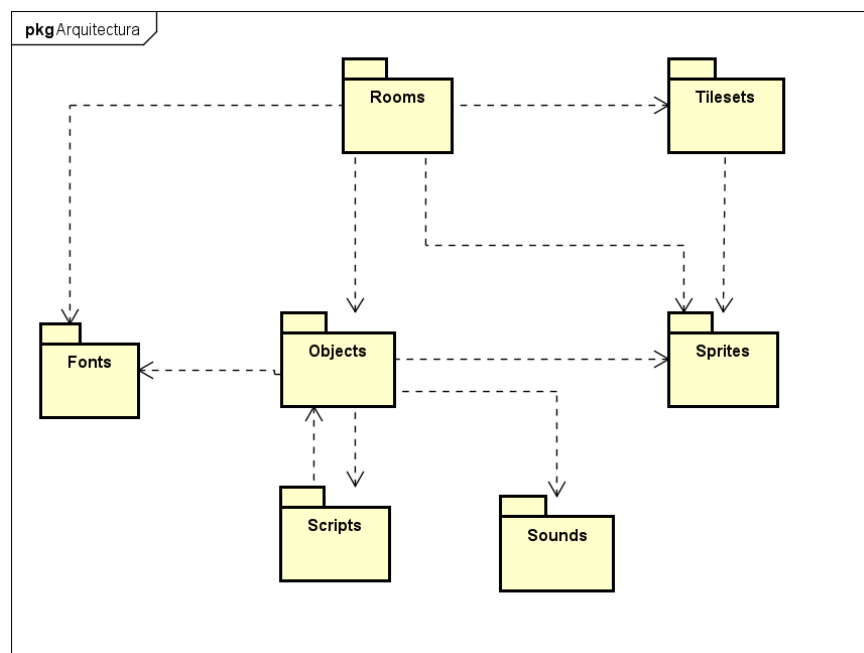


Figura 46: Uses style general

4.3.3. Despliegue

El diagrama de despliegue muestra la manera en que se despliegan y comunican los componentes del sistema. Debido a la ausencia de servidores o bases de datos, el sistema tiene un despliegue de un solo nivel o capa física, consistente en una única aplicación desplegada en el entorno de ejecución Windows dentro de un único dispositivo, el ordenador del usuario.

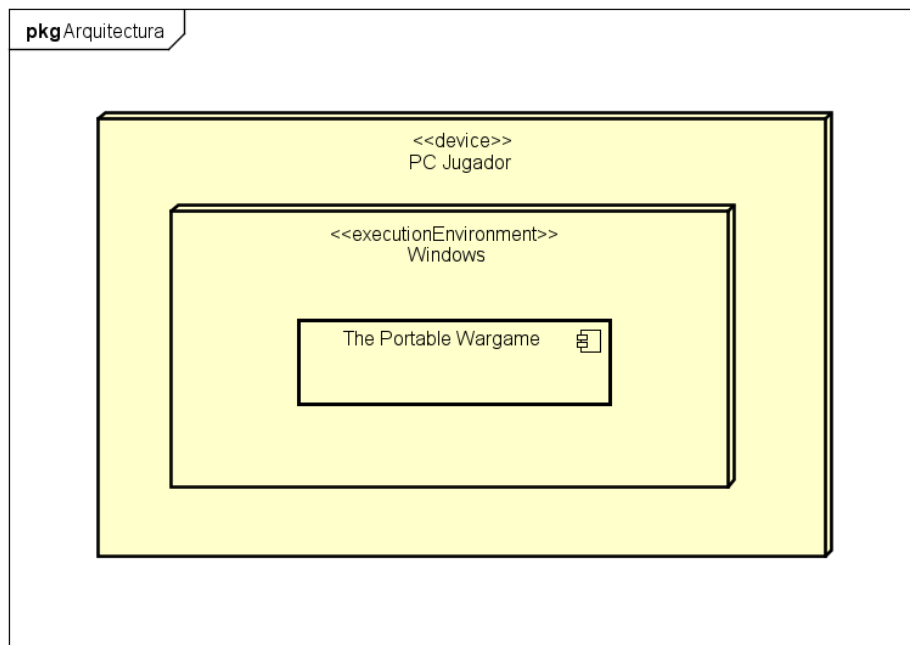


Figura 47: Diagrama de despliegue

4.4. Diseño de la interfaz

A la hora de diseñar la interfaz del juego es importante tener presente cuál es su público objetivo para que pueda responder a las necesidades de este de la forma más efectiva posible.

De forma similar al juego original de Bob Cordery, nuestro videojuego tiene un público objetivo que no se limita a los aficionados de los juegos de guerra o a los aficionados de la historia, por lo que debe otorgar toda la información necesaria para la gente no familiarizada con estos. No obstante, también deseamos atraer al público existente de ambos, y por ello mantenemos la temática de los juegos de guerra (por ejemplo, la presencia de un tablero de juego donde tiene lugar toda la acción) y de las guerras napoleónicas (tanto en el aspecto de la interfaz como en los uniformes de las unidades entre otros detalles).

En otras palabras, nuestra interfaz permite al público nuevo familiarizarse rápidamente con los juegos de guerra y las guerras napoleónicas, pero recompensa también la familiaridad de sus aficionados. El juego es accesible a todas las edades (gracias al grado de abstracción con el que se representa el conflicto y los gráficos coloridos del juego), y está al alcance de cualquier persona con un dominio básico de la tecnología.

Para lograr todo esto, la interfaz incorpora los siguientes atributos de usabilidad [59]:

- **Facilidad de aprendizaje (*learnability*).** Consiste en la experiencia inicial de un usuario inexperto con la interfaz del sistema. Logramos esto con una interfaz sencilla pero completa que muestra la mayoría de la información asociada a las unidades y el terreno del tablero, minimizando la necesidad de consultar el manual.

La simplicidad de las mecánicas intuitivas del juego original se ve potenciada por la forma en la que el juego resalta las opciones del jugador, y si los *sprites* llamativos y el resaltado por colores de las casillas no fueran suficientes (ya sea por dificultad del usuario para distinguir los colores o una falta de experiencia con otros juegos de estrategia), la información en los laterales de la interfaz complementa este conocimiento para no dejar duda alguna.

- **Facilidad de recuerdo (*memorability*).** Consiste en la capacidad de un usuario casual para recordar el funcionamiento del sistema tras haber estado un tiempo sin utilizarlo. Todo lo que hace al sistema fácil de aprender de nuevo facilita el recuerdo de su uso para el usuario, pero aquí es especialmente importante la manera en que los gráficos transmiten de forma intuitiva esta información y lo intuitivas que resultan las reglas del juego.

Las unidades tienen roles claramente definidos y sus *sprites* se distinguen muy fácilmente entre sí incluso si no se dispusiera de color. La consistencia en el uso de las casillas y las distancias para el movimiento y el ataque de las unidades, así como la correspondencia entre las características de cada tipo de terreno y su uso en los conflictos reales, hacen que el sistema sea fácil de recordar.

- **Tratamiento de errores.** Consiste en la capacidad del sistema para evitar que el usuario cometa errores, así como la capacidad del sistema para recuperarse fácilmente cuando ocurren. El uso de un tablero con casillas, así como la elección del creador del juego original para limitar las unidades, el terreno y las opciones de jugada a los elementos más esenciales, hacen que los usuarios requieran un número pequeño de acciones con opciones muy definidas para expresarse tácticamente, lo cual evita que realicen acciones que provoquen errores en el sistema. El sistema entero está construido alrededor de las interacciones definidas entre el cursor (un objeto que delimita las acciones del usuario con el ratón) y los elementos de la interfaz (principalmente el tablero de juego, dividido en casillas cuyo funcionamiento está cuidadosamente planteado).
- **Satisfacción.** Consiste en que el usuario encuentre el uso del sistema agradable, es decir, que experimente una satisfacción subjetiva durante su uso del sistema. Un riesgo común en los juegos de estrategia es que un jugador que ha perdido sienta que ha dedicado un tiempo excesivo a una partida que no le ha divertido, un riesgo que nuestro juego limita gracias a la corta duración de sus partidas (si un jugador ha tenido tiempo para jugar una partida que ha perdido, es fácil que disponga también de tiempo para volverla a jugar). Esta rapidez también evita uno de los riesgos de los juegos por turnos, que es la sensación del jugador de que no está involucrado en el juego al tener que esperar mucho tiempo a que acabe el turno de su oponente.

La satisfacción de la propia experiencia de juego se ve aumentada por el uso de efectos visuales y sonoros que acompañan toda jugada sin ralentizar el proceso del juego. Las mecánicas de probabilidad en el acierto de los disparos ofrecen un factor impredecible (lo cual evita que el jugador que esté perdiendo tenga la sensación de que no puede remontar, y evita que una misma situación en el tablero tenga siempre el mismo resultado), pero el posicionamiento y el tipo de las tropas juegan un papel lo suficientemente importante en el resultado como para que la atención y la habilidad que ha desarrollado el usuario se vea recompensada.

Para el diseño de la interfaz, se han elaborado los siguientes bocetos en Figma.

En la Figura 48: Diseño de interfaz, menú principal vemos el diseño de la interfaz para el menú principal, desde el cual podemos acceder a la opción de partida (Figura 49) para realizar el CU1 Iniciar Partida. Desde este menú podemos acceder también al menú de opciones (Figura 50) para realizar el CU3 Acceso a Opciones, a la sección de créditos para el CU10 Ver Créditos (Figura 51) y un enlace al manual para realizar el CU4 Ver Manual.

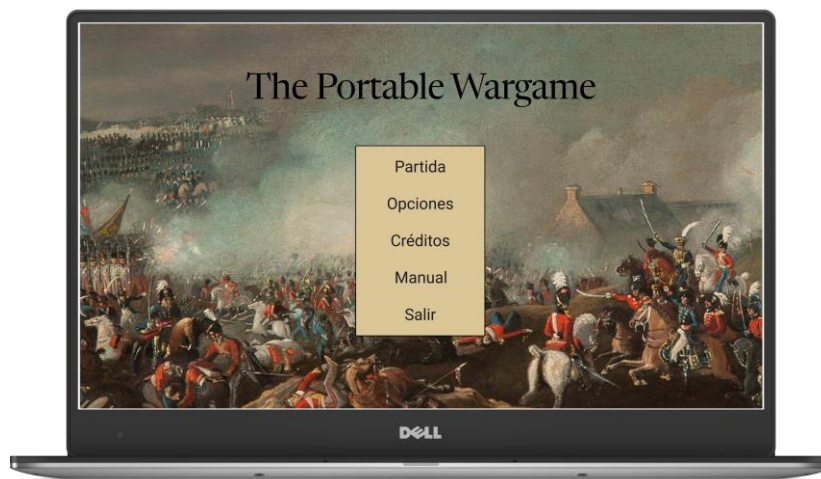


Figura 48: Diseño de interfaz, menú principal

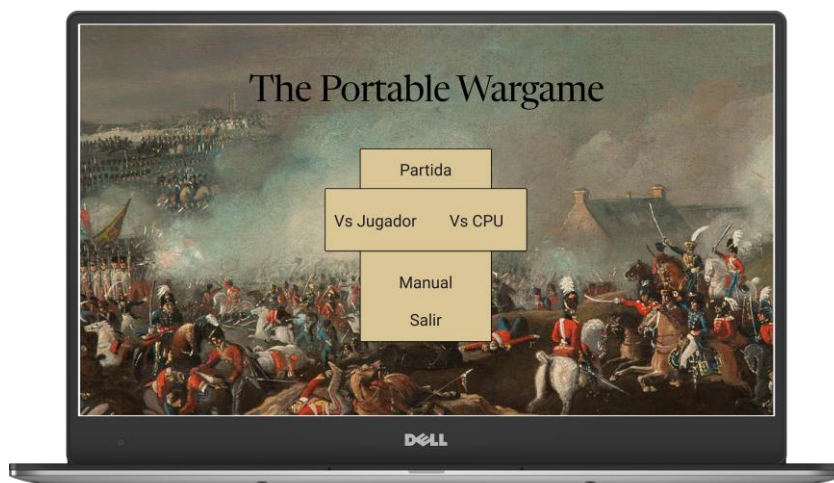


Figura 49: Diseño de interfaz, submenú de partida

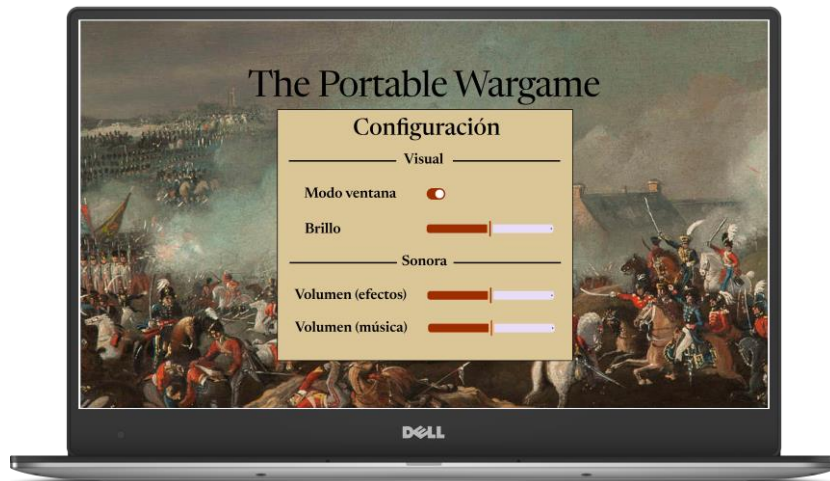


Figura 50: Diseño de interfaz, menú de configuración

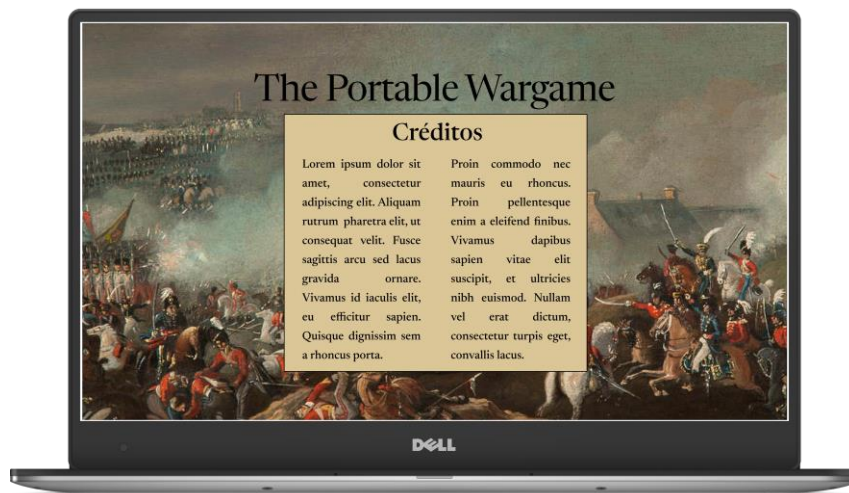


Figura 51: Diseño de interfaz, créditos

En múltiples Figuras empezando por la Figura 52 podemos ver el diseño de la interfaz para las partidas del juego. En el centro tenemos un tablero de 8x8 casillas verde oscuro que ilustran un campo de batalla, con unidades de ambos bandos (cuyos uniformes donde el color dominante es el azul o el rojo para el equipo 1 y 2 respectivamente) y obstáculos del campo que en este caso serán bosques, con colores más claros que los del campo para resaltarlos. A los lados de la pantalla se encuentra la parte informativa de la interfaz, con recuadros que mostrarán la unidad y obstáculo resaltados y barras de vida a ambos lados del techo de la pantalla, con el color correspondiente a cada equipo.

En el caso de la Figura 52, todas las unidades han sido activadas, por lo tanto nos encontramos en el paso final del CU5 Jugada, en el que el Sistema comprueba si se han activado todas las unidades del Jugador que tiene el turno, y como es el caso se indica que el comienzo de un nuevo turno (Figura 53), y las unidades del Jugador que tiene el turno pasan a estar por activar (Figura 54), resaltadas con un color más claro para indicar que el Jugador debe interactuar con ellas.

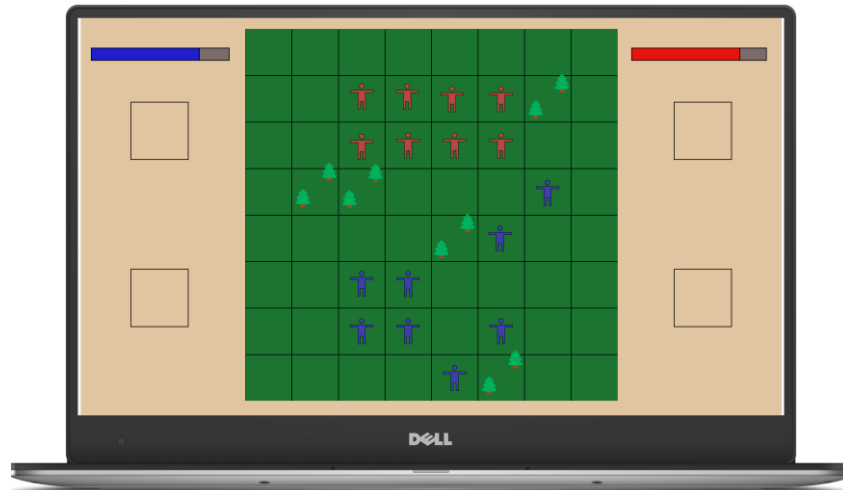


Figura 52: Diseño de interfaz, final de turno con unidades activadas



Figura 53: Diseño de interfaz, anuncio de un nuevo turno

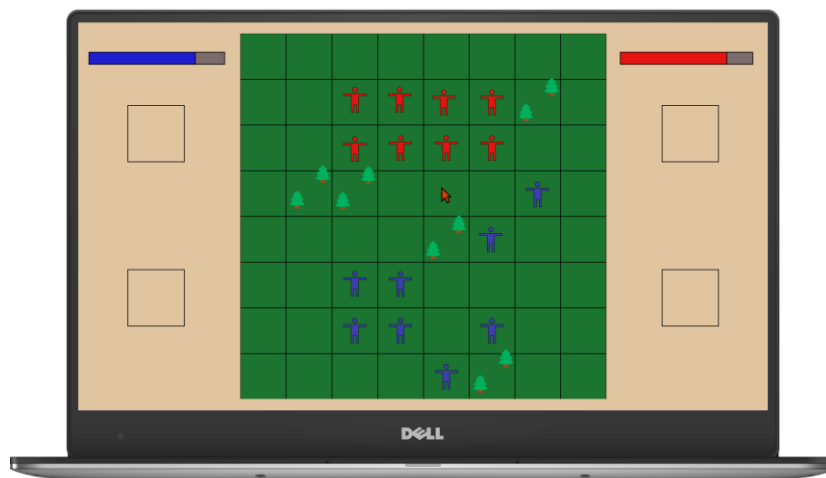


Figura 54: Diseño de interfaz, comienzo de nuevo turno con unidades rojas por activar

La Figura 55 muestra un nuevo comienzo del CU5 Jugada, donde el Jugador del equipo rojo selecciona una unidad, resaltando en azul claro las casillas a las que puede moverse y en un rojo suave los posibles objetivos para un ataque, con tonos que los distinguen de los colores asociados a los equipos. Además, la unidad seleccionada aparece en el primer recuadro del lado del equipo correspondiente, con sus características de rango (Rng) y movimiento (Mv) listados para el Jugador. En la Figura 56 el Jugador ha movido el cursor a una casilla que es una opción para el movimiento de la unidad, y se dibuja el camino que recorrería la unidad para llegar hasta ahí (que es siempre el óptimo, es decir, el que menos puntos de movimiento requiere), y además se dibuja en el segundo recuadro del equipo el obstáculo de la casilla sobre la que se encuentra el cursor, con una breve descripción debajo.

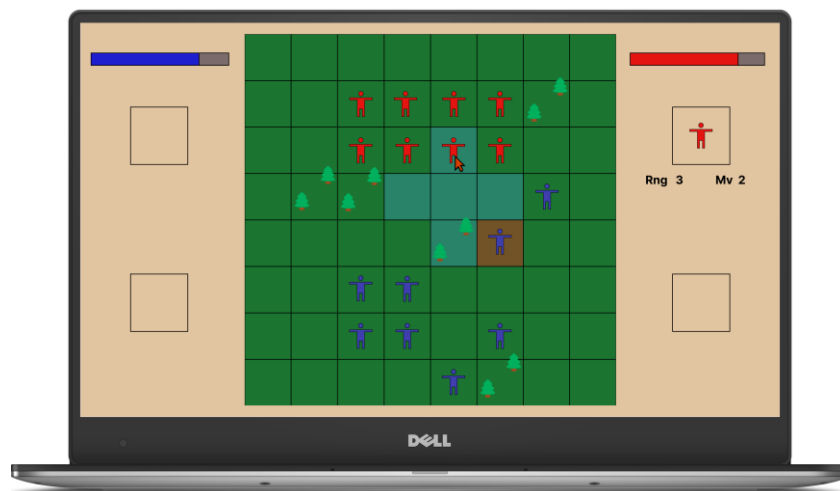


Figura 55: Diseño de interfaz, comienzo de jugada con casillas señaladas

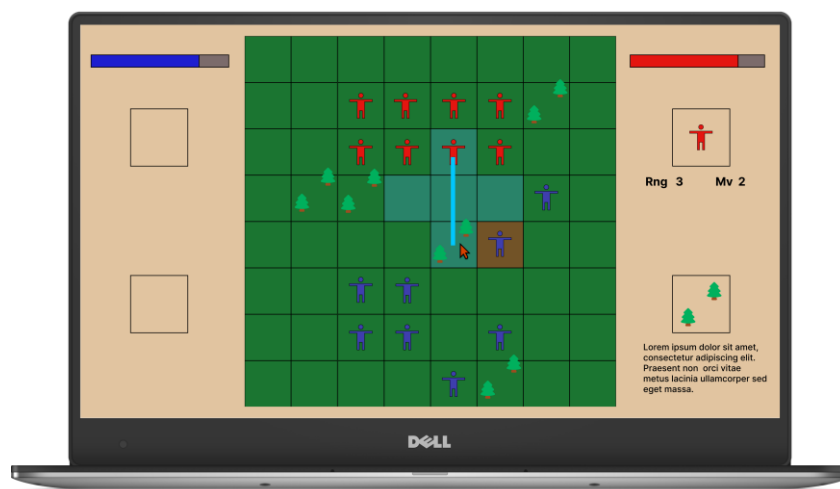


Figura 56: Diseño de interfaz, camino óptimo entre la unidad y la casilla del cursor

En la Figura 57 el Jugador ha elegido la casilla con el bosque para moverse a ella como parte del CU6 Movimiento de Unidad, y el Sistema gira la unidad automáticamente para que su orientación apunte a la unidad enemiga adyacente. De esta forma continúa el CU5 Jugada, con las nuevas opciones de ataque resaltadas de nuevo en rojo.

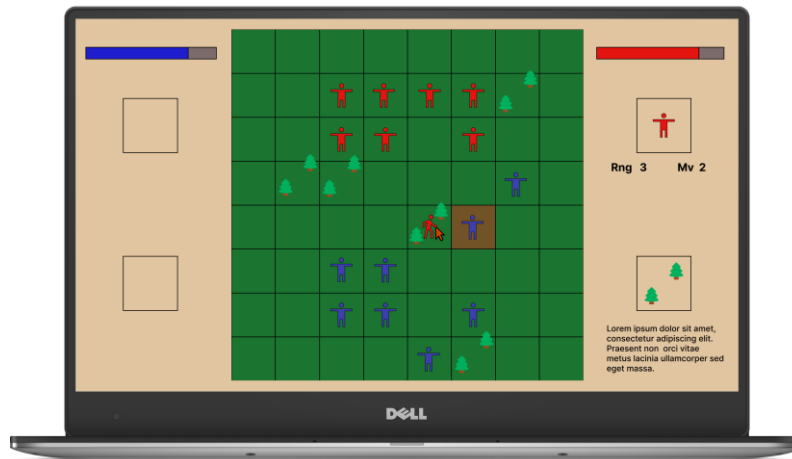


Figura 57: Diseño de interfaz, fin de movimiento de unidad en una casilla adyacente a un enemigo

En la Figura 58 el Jugador ha elegido atacar a la unidad enemiga adyacente como parte del CU8 Carga a Enemigo, y el Sistema ha comprobado que la unidad atacante no ha sido dañada, mientras que la unidad enemiga ha sido dañada, por lo que se realiza el CU9 Cálculo de Daño donde el Sistema comprueba que la unidad enemiga ha sido empujada una casilla pero no eliminada. La Figura 59 muestra una situación alternativa, donde el Sistema comprueba durante el CU9 Cálculo de Daño que la unidad enemiga ha sido eliminada. En ambos casos se acaba el CU5 Jugada, por lo que la unidad del equipo rojo pasa a tener un color más oscuro para indicar que ya ha sido utilizada.

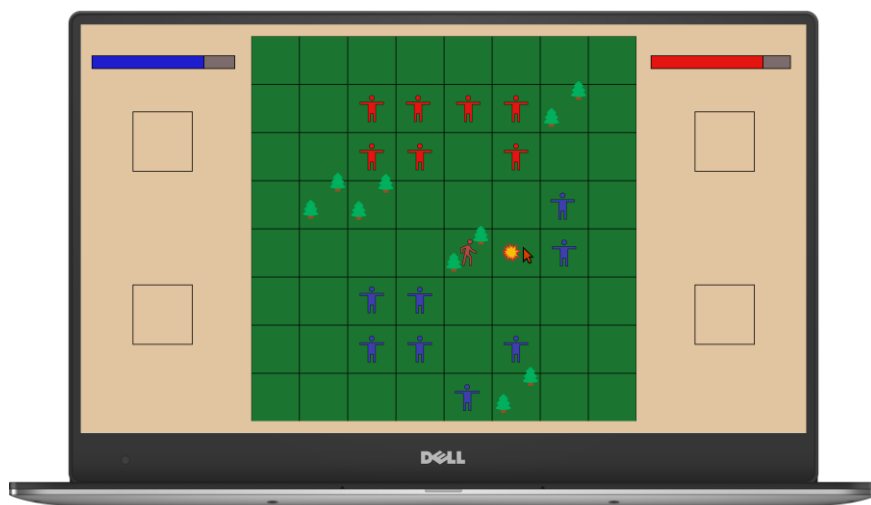


Figura 58: Diseño de interfaz, carga a la unidad enemiga le obliga a retroceder

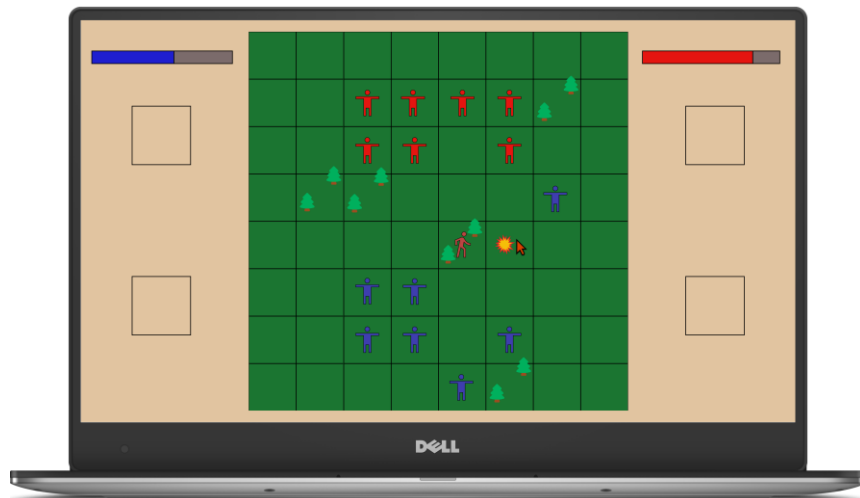


Figura 59: Diseño de interfaz, carga a la unidad enemiga resulta en su eliminación

La Figura 60 muestra un flujo distinto donde el Jugador apunta a una casilla sin obstáculo durante el CU5 Jugada. El CU6 Movimiento de Unidad comienza cuando el Jugador la selecciona, y dado que la casilla no es adyacente a enemigos el Sistema permite al Jugador elegir la orientación de la unidad (Figura 61). Tras esto, el Sistema gira la unidad a la dirección seleccionada (Figura 62) y se muestra la nueva opción para atacar (Figura 63). Debido a que la unidad mira a la derecha, y solo puede atacar a aquellas unidades enemigas que se encuentren dentro de un ángulo de 90° centrado en el frente de la unidad atacante, no puede atacar a las unidades de la sexta fila.

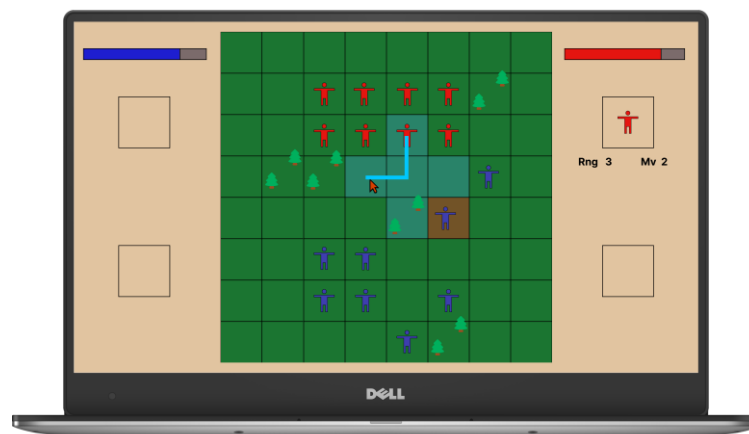


Figura 60: Diseño de interfaz, camino hasta una casilla no adyacente a un enemigo

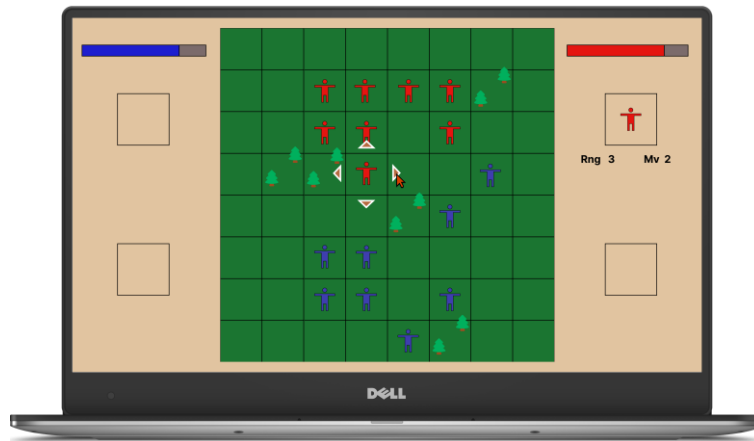


Figura 61: Diseño de interfaz, selección de orientación tras mover la unidad

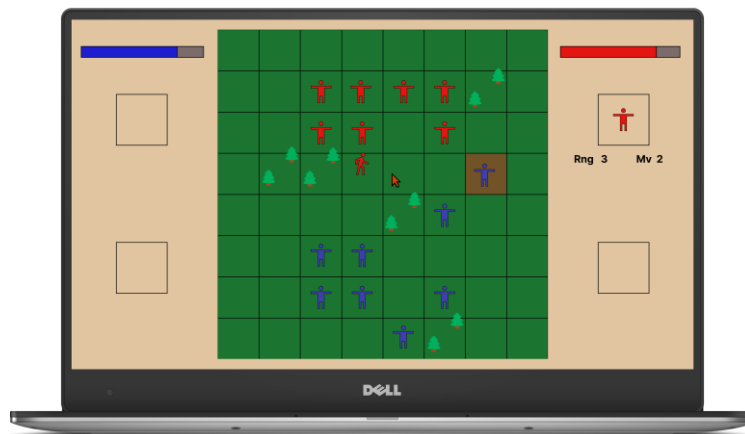


Figura 62: Diseño de interfaz, la unidad gira a la dirección seleccionada

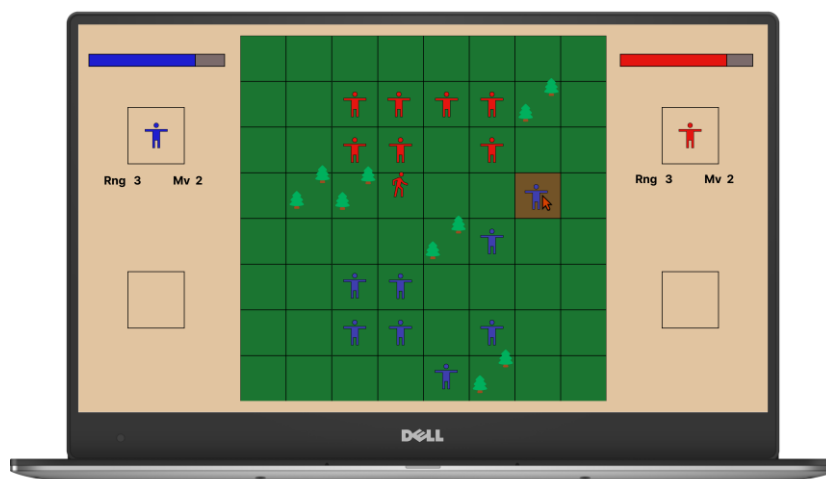


Figura 63: Diseño de interfaz, opción señalada para el ataque a distancia

En la Figura 64 vemos uno de los posibles resultados del CU7 Ataque a Distancia, en el que la unidad enemiga es empujada hacia atrás pero no eliminada. El otro caso posible es el de la Figura 65, en el que la unidad enemiga es eliminada por el disparo.

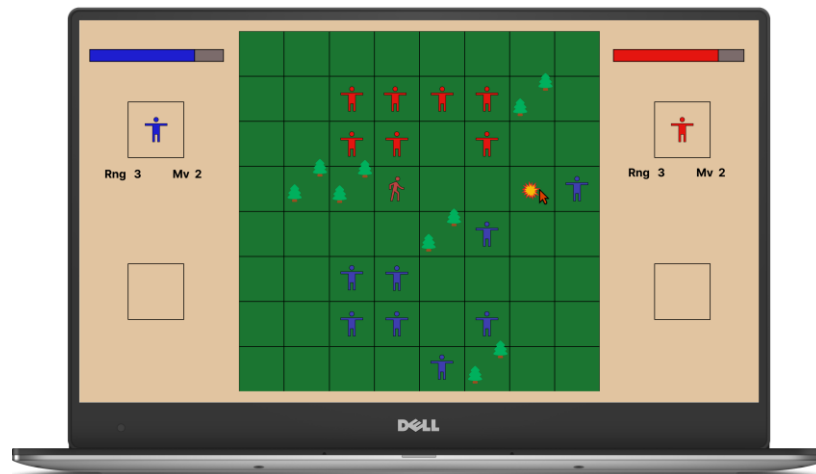


Figura 64: Diseño de interfaz, el ataque a distancia hace retroceder al enemigo

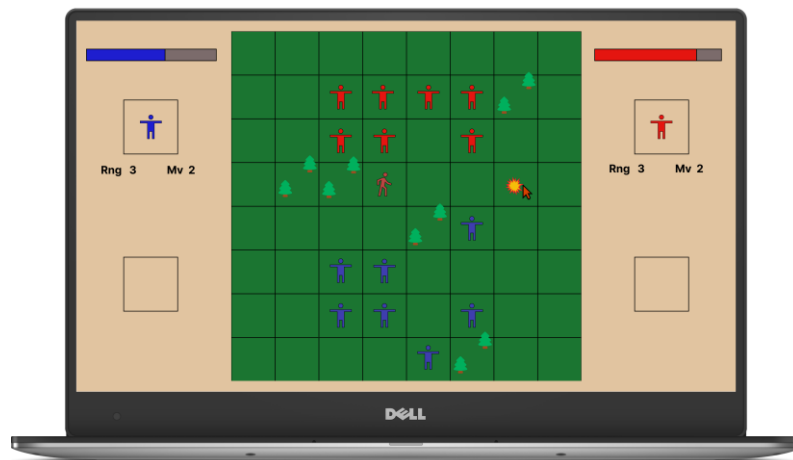


Figura 65: Diseño de interfaz, el ataque a distancia elimina al enemigo

La Figura 66 muestra un caso particular del CU5 Jugada en el que se selecciona una unidad de artillería. A las opciones de movimiento marcadas en azul y posibles objetivos para ataques a distancia directos marcados en rojo, se añaden los posibles objetivos de ataque a distancia indirecto marcados en un amarillo apagado, los cuales no están en la línea de visión de la unidad de artillería pero sí están dentro de su rango de ataque. Además, a la información básica de la unidad a la derecha del tablero se añade una descripción textual de las reglas especiales de la unidad.

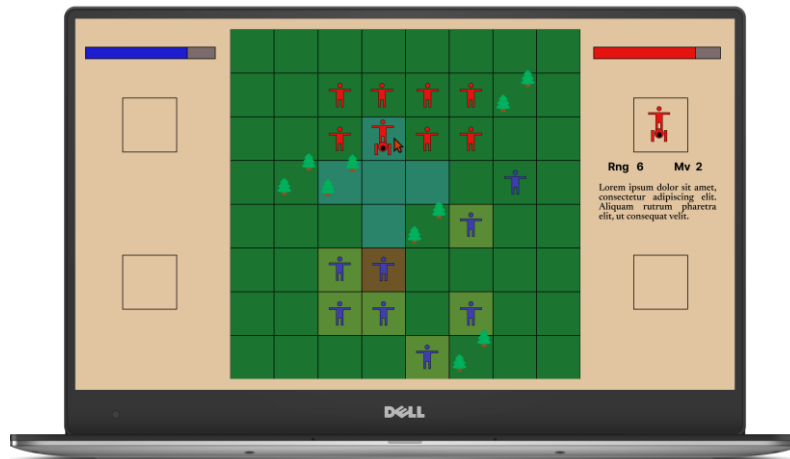


Figura 66: Diseño de interfaz, selección de unidad de artillería

La Figura 67 muestra un caso del CU7 Ataque a Distancia exclusivo para la unidad de artillería, en la que el disparo se desvía una casilla hacia arriba con respecto a la casilla elegida por el Jugador.

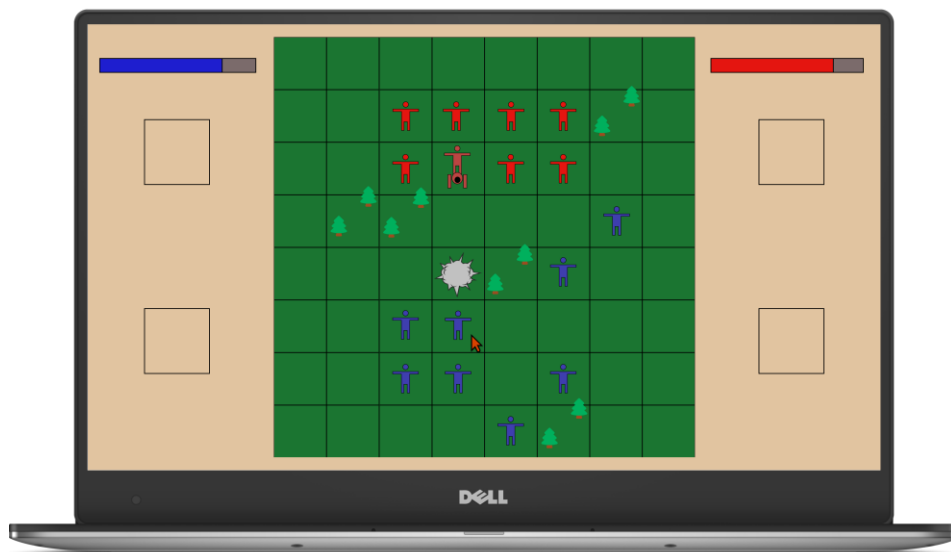


Figura 67: Diseño de interfaz, el ataque a distancia de artillería se desvía

La Figura 68 muestra otro final para el CU5 Jugada, en el que el Sistema comprueba que el equipo 1 ha llegado a su punto de agotamiento, acaba la partida y anuncia la victoria del equipo 2.



Figura 68: Diseño de interfaz, fin de partida y anuncio del ganador

La Figura 69 muestra el CU2 Pausar Juego, con un menú similar al del menú principal y que da acceso al CU3 Acceso a Opciones (Figura 50), CU4 Ver Manual y al CU10 créditos (Figura 51), además de permitir continuar la partida o abandonarla.

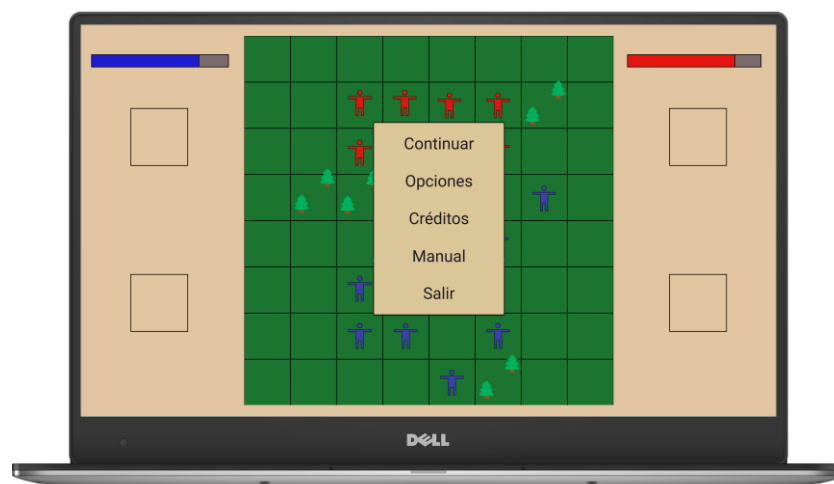


Figura 69: Diseño de interfaz, menú de pausa

5. Implementación

5.1. Herramientas utilizadas

Entre las herramientas y tecnologías utilizadas se encuentran:

- **GameMaker**



Figura 70: Logo de GameMaker

El motor de juego GameMaker [60] es uno de los más populares en la industria de los videojuegos. Se ha elegido GameMaker por su especialización en gráficos 2D así como su amplio catálogo de tutoriales [61] y documentación oficiales, que suponen una ayuda fundamental para el aprendizaje intensivo en la herramienta que ha exigido este proyecto. Otra de las ventajas de GameMaker es la ejecución inmediata del código, lo cual permite probar los cambios y realizar prototipos con gran velocidad.

GameMaker dispone además de su propio IDE, el cual se ha utilizado no solo para la elaboración del código sino también para la edición de los *sprites*, agilizando la incorporación de estos al proyecto así como la comprobación de su aspecto en tiempo de ejecución. Si bien GameMaker también es conocido por la opción de programación *Drag and Drop* (GML Visual), se ha optado por la programación tradicional (GML Code) para este proyecto.

- **GIMP**



Figura 71: Logo de GIMP

GIMP [62] es una plataforma de edición de fotos digitales, comúnmente conocida como una de las alternativas gratuitas más populares a Photoshop. Se ha utilizado en el proyecto para la edición inicial de algunos recursos visuales utilizados (principalmente *sprites* de unidades y terreno) así como la elaboración de algunos bocetos más detallados que los realizados en la fase de diseño.

- **Astah Professional**



Figura 72: Logo de Astah Professional

Astah [63] es una herramienta de modelado UML, anteriormente conocida como JUDE (*Java and UML Developers' Environment*). Se ha utilizado Astah Professional para la elaboración de los diagramas UML del proyecto durante las fases de análisis y diseño.

- **Figma**



Figura 73: Logo de Figma

Figma [64] es una herramienta de diseño colaborativa basada en la nube para crear prototipos de interfaz de páginas web, aplicaciones de móviles y otros tipos de productos software. Se ha utilizado Figma para la elaboración de los bocetos de interfaz vistos en la fase de diseño.

- **Microsoft Office Word**



Figura 74: Logo de Microsoft Office Word

Microsoft Office Word [65] es el programa de procesamiento de palabras de la familia de software Microsoft Office. Se ha utilizado Microsoft Office Word para la elaboración del documento de la memoria de trabajo durante todas las fases del proyecto.

- **Microsoft Office Excel**



Figura 75: Logo de Microsoft Office Excel

Microsoft Office Excel [66] es el programa de software de hojas de cálculo de la familia de software Microsoft Office. Se ha utilizado Microsoft Office Excel para la elaboración de la tabla de riesgos durante la fase de planificación.

- **GitHub**



Figura 76: Logo de GitHub

GitHub [67] es una plataforma de desarrollo colaborativo que ofrece el sistema de control de versiones Git. Se ha utilizado GitHub para el control de versiones del proyecto, así como para guardar el reglamento del juego para su acceso desde la aplicación.

- **Microsoft Teams**



Figura 77: Logo de Microsoft Teams

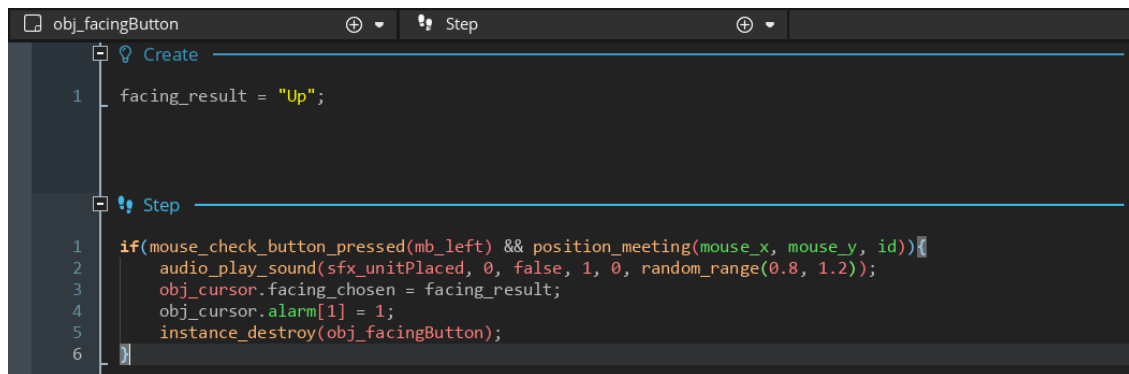
Microsoft Teams [68] es la plataforma de colaboración y comunicación basada en la nube de Microsoft. Se ha utilizado Microsoft Teams para el control de versiones y la creación de backups de los entregables del proyecto, así como la comunicación entre el estudiante y su tutora para aquellas reuniones que no han podido realizarse presencialmente.

5.2. Implementación del juego en GameMaker

5.2.1. Objetos

De los elementos del sistema presentes en el *decomposition style*, nos vamos a centrar en los objetos, ya que engloban la parte central del funcionamiento de la aplicación.

Pese a su nombre, los objetos de GameMaker tienen una estructura y comportamiento distintos a los de los lenguajes de programación comunes. Si bien un objeto puede incluir funciones, todo su código viene dividido en eventos a los que responde. Tenemos como ejemplo el `obj_facingButton` visible en la Figura 78, que tiene código para el evento *create* (lanzado en la creación del objeto) y el evento *step* (que se ejecuta cada iteración del *game loop*). Esto, junto a otras características de GameMaker y del problema de dominio, así como prácticas comunes en el desarrollo de videojuegos, ha motivado varios cambios en el sistema planteado en las fases de análisis y diseño.



```

obj_facingButton
├─ Create
│   1 facing_result = "Up";
└─ Step
    1 if(mouse_check_button_pressed(mb_left) && position_meeting(mouse_x, mouse_y, id)){
    2     audio_play_sound(sfx_unitPlaced, 0, false, 1, 0, random_range(0.8, 1.2));
    3     obj_cursor.facing_chosen = facing_result;
    4     obj_cursor.alarm[1] = 1;
    5     instance_destroy(obj_facingButton);
    6 }

```

Figura 78: Ejemplo de código del objeto *obj_facingButton*

Los objetos más importantes de la aplicación son:

- El **obj_game** es una evolución de la clase Partida descrita en análisis. Crea el tablero y sus contenidos, y gestiona los turnos junto a las condiciones de victoria. Durante su *step event*, tiene dos comportamientos distintos según su estado. En el estado “*initialization*” tiene una sola ejecución y termina de preparar la partida (se incluye en el *step event* porque es necesario que se haya acabado el *create event* del resto de objetos), mientras que en el estado “*ready*” comprueba si se cumplen las condiciones de fin de partida (y quién es el ganador), otorga el turno al equipo correspondiente y prepara las unidades de ese equipo para que puedan utilizarse en su turno.
- El **obj_menuManager** es el que maneja la interfaz durante la navegación del menú principal, y es por tanto el primer objeto que interactúa con el Jugador.
- El **obj_cursor** es el que permite al jugador interactuar con el tablero, delimitando sus interacciones con cada casilla y la unidad o terreno que pueda encontrarse en ella.
- El **obj_enemyManager** es el que se encarga de las decisiones del contrincante controlado por la máquina y el que interactúa con los elementos de juego simulando la interacción de un Jugador. Debido a esto llama a varias de las funciones a las que llama *obj_cursor*.
- El **obj_unit** es la evolución de la clase Unidad descrita en análisis, de la cual heredan los objetos *obj_unitInfantry*, *obj_unitCavalry*, *obj_unitArtillery* y *obj_UnitCommander*.
- El **obj_node** es la evolución de la clase Casilla descrita en análisis. Representa cada uno de los espacios del tablero, y puede contener una unidad y/o algún tipo de terreno. Cada casilla conoce todos sus vecinos (casillas adyacentes horizontal y verticalmente).

- El **obj_terrain** es una especialización de **obj_node** que representa aquellas casillas que tienen algún tipo de terreno. El terreno es un elemento del sistema de suma importancia ya que interviene en muchas de las mecánicas básicas: determina a qué casillas se puede mover una unidad desde una posición dada, afecta a qué unidades enemigas puede atacar y otorga distintos beneficios o penalizaciones a la hora de calcular el resultado de un ataque a distancia o carga. El objeto **obj_terrain** generaliza otros objetos que representan los distintos tipos de terreno.

Se ha optado por no convertir las clases Tablero y Equipo descritas en análisis, e incorporarlas únicamente como variables debido a que no resultaba necesario crear un objeto para ellas, ya que no aprovecharían los eventos que incorpora cada objeto en GameMaker y que se ejecutan en cada iteración del game loop.

Existen algunos elementos de la interfaz que podrían haberse implementado como objetos, pero que se han implementado con *UI layers* debido a las herramientas que proporcionan para definir cómo se sitúan en pantalla. Estos elementos son la interfaz a los laterales del tablero, el menú principal y el menú de pausa. En el caso de los menús, se benefician también de la facilidad de las *UI layers* para cambiar la visibilidad y con qué elementos de las capas se puede interactuar, facilitando la navegación a distintas secciones del menú. Dicho esto, los menús también utilizan el objeto **obj_button_menuButton** para la interacción con el usuario.

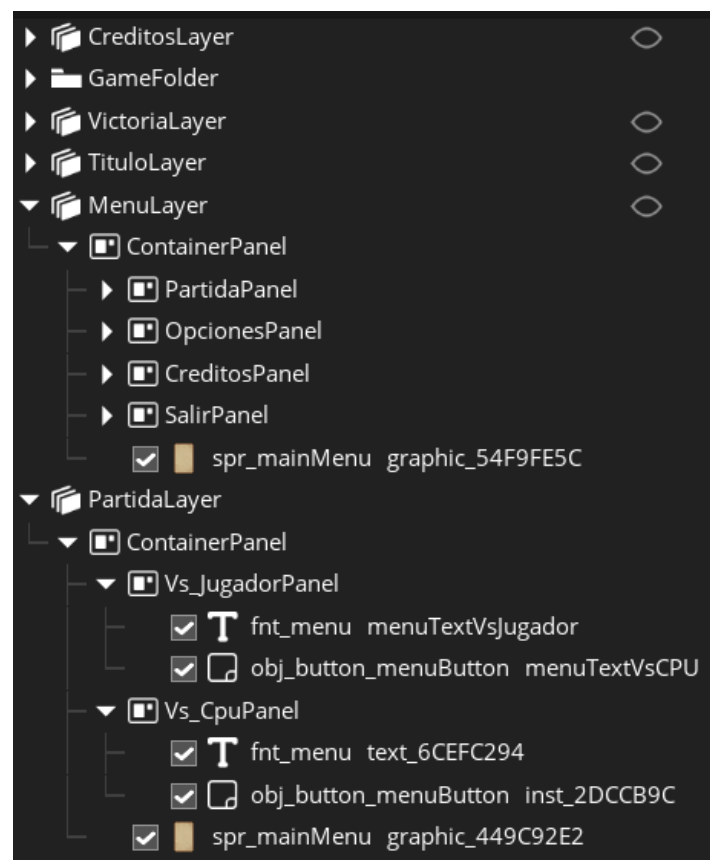


Figura 79: Árbol de estructura de las UI layers

5.2.2. Animaciones, alarmas y pausas

Las animaciones son un recurso esencial para que el apartado visual del juego resulte atractivo. GameMaker permite incluir en cada recurso *sprite* un conjunto de imágenes (*frames*) que componen la animación del *sprite*, y esta animación se puede manipular a través del código del objeto que usa el *sprite*. Es importante que las animaciones sigan un orden concreto para que cada jugada y su resultado se vean de forma clara, y es necesario asegurar que no se interrumpen prematuramente. Para esto, implementamos las dos soluciones siguientes:

- Las alarmas. Consisten en eventos que ejecutan un código tan pronto como haya pasado el tiempo definido en su llamada, y que se pueden utilizar para llamar a una sección de código específica de otro objeto (que responde al evento alarma) y para definir flujos de ejecución más complejos dentro del código de respuesta a un evento. Utilizamos las alarmas para esperar a que se terminen las animaciones de los objetos antes de eliminarlos o de cambiar su estado, controlando así el “ritmo” del juego. Las alarmas se utilizan también para que el contrincante controlado por la máquina realice sus jugadas con pausas breves que hacen su comportamiento más humano y sus jugadas más fáciles de seguir.
- Una variable booleana “pause” que debe tener el valor *false* para permitir al Jugador interactuar con los elementos de la interfaz. De esta forma aseguramos que el Jugador no interactúa con la interfaz durante un anuncio de cambio de turno (ocultando su jugada) ni interactúa con el tablero cuando está en el menú de pausa.

5.2.3. Línea de visión y obtención de opciones de ataque

Una de las cuestiones más importantes a la hora de realizar un juego de estrategia con ataques a distancia, es la **línea de visión** (*line of sight*). Hay elementos del tablero (las unidades y el terreno) y circunstancias (como la posición de la unidad que dispara y la dirección en la que mira) que afectan a la posibilidad de atacar a una unidad enemiga, ya que debe haber línea de visión sin interrupción entre la unidad que dispara y la unidad que recibe el disparo. GameMaker tiene para este propósito una función incorporada, **collision_line**, que traza una línea entre dos puntos y comprueba si se cruza con la zona de colisión (conocida también como *hitbox*) de la instancia de un objeto específico.

Como ya se ha mencionado, se ha optado por implementar los tipos de terreno como especializaciones. Esto permite que **collision_line** pueda comprobar si la línea de visión se cruza con una instancia de un objeto que la puede interrumpir (en este caso, las instancias del objeto `obj_terrainObscuring`, entre las que se encuentra instancias de `obj_terrainWoods` y `obj_terrainHouse`).

La línea de visión solo se comprueba para aquellos posibles objetivos de ataque que están en el campo de visión de la unidad atacante (la unidad objetivo debe encontrarse dentro de un ángulo de 90 grados centrado en la dirección en la que mira la unidad atacante y cuyo vértice se encuentra en la posición de la unidad atacante). El objetivo atacante debe encontrarse también dentro del rango de ataque de la unidad atacante. Estas dos condiciones son muy fáciles de evaluar gracias a la forma en que el tablero de juego se divide en casillas.

En el caso de la unidad de artillería, se utiliza `collision_line` para comprobar si se tiene línea de vista directa (lo cual aumenta la probabilidad de un disparo con éxito), pero se puede disparar a un objetivo incluso si la línea de vista se cruza con un objeto que la interrumpa (en este caso tenemos línea de vista indirecta).

Cuando se ha comprobado que una casilla (instancia de `obj_node`) es una opción válida de ataque, se asigna el valor `true` a su variable `attackNode` o `indirectArtilleryAttackNode` según corresponda, y el propio objeto dibujará una señal roja o amarilla respectivamente sobre si mismo para indicar que es un objetivo de ataque válido.

5.2.4. Interacciones entre objetos

En la Figura 80 mostramos gráficamente cómo los objetos interactúan entre sí. El objeto `obj_menuManager` está presente en la habitación (*room*, es decir, un espacio de juego dedicado a una parte concreta del juego) del menú principal, `rm_mainMenu`, mientras que el resto de objetos se encuentran en la habitación de la partida, `rm_board`. El `obj_button_menuButton` es el único objeto que puede aparecer en ambas habitaciones ya que se usa como botón para los menús. Además, es digno de mención que los pares de objetos que se comunican mutuamente entre sí necesitan hacerlo porque un objeto crea al otro (`obj_game` y `obj_cursor` son los creadores) y el objeto creador debe esperar a que el otro acabe su animación o reciba un clic del usuario antes de continuar con la ejecución.

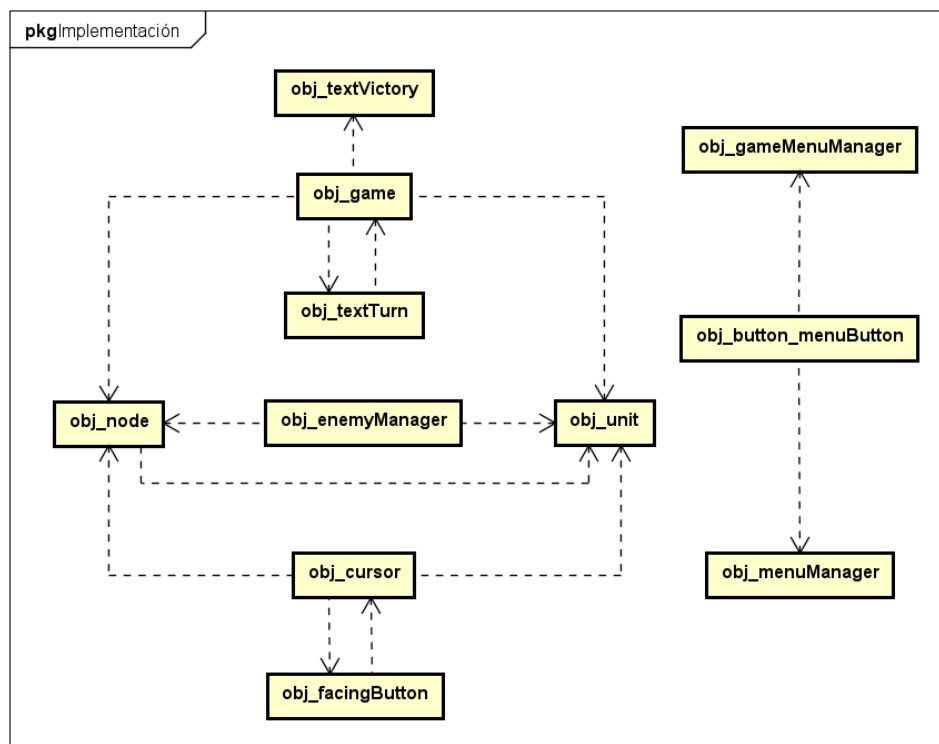


Figura 80: Interacciones entre los objetos

5.2.5. Algoritmo para obtención de opciones de movimiento

Otra de las cuestiones más importantes para un juego de estrategia en el que se manejan tropas es el **pathing**, es decir, su capacidad para no solo averiguar a qué casillas puede moverse la unidad (según el tipo de unidad, su posición, el terreno en el tablero y otros factores), sino de averiguar cuál es la ruta óptima para llegar a cada casilla.

Para nuestra solución a este problema hemos creado la función **movement_range**, que incorpora una versión del **algoritmo de Dijkstra**. El algoritmo de Dijkstra [69] es un algoritmo que responde al problema de caminos mínimos calculando la distancia óptima desde un nodo origen al resto de nodos. Se trata de un algoritmo voraz (es decir, busca la solución basándose en las condiciones actuales sin considerar el efecto a largo plazo), lo cual es deseable en nuestra situación ya que algunos de los obstáculos de nuestro tablero cambian de posición con cada turno (las unidades), por lo que cálculos de turnos anteriores no nos sirven.

Utilizando el algoritmo de Dijkstra para calcular la distancia óptima desde la casilla de la unidad que se va a mover al resto de casillas, podemos saber a qué casillas puede moverse una unidad en un momento dado y qué casillas debe recorrer en la ruta óptima hasta su destino.

Para empezar, se introduce en la lista de prioridad *open* la casilla *origin* (la de la unidad que se va a desplazar), y se va rellenando la lista con las casillas vecinas que vayan surgiendo durante el flujo del algoritmo, siempre y cuando dichas casillas no estén en la lista *closed*.

La lista *closed* guarda aquellas casillas cuya distancia y ruta óptima al nodo origen ya conocemos (y que se encuentran dentro del rango de movimiento de la unidad).

La variable *current* es la casilla que se está comprobando actualmente. La variable *parent* de la casilla *current* guarda la casilla anterior en la ruta óptima, la cual se irá reemplazando cada vez que se encuentre una nueva ruta de coste menor que lleve a la casilla *current*. De esta forma podremos trazar la ruta óptima a través de la variable *parent* de cada casilla de la ruta.

Existen algunos cambios con respecto al uso habitual del algoritmo. Para empezar, la ruta óptima solo puede contener casillas que no estén ocupadas por unidades del equipo rival, y una ruta no puede acabar en una casilla ocupada sea su ocupante del equipo que sea. Una ruta que pase por una casilla adyacente a una unidad enemiga debe acabar en esa misma casilla. Además, el hecho de que la unidad dispone de un rango de movimiento limitado significa que no se va a calcular el coste de la ruta óptima a la mayoría de casillas del tablero, a pesar estar todas conectadas de forma indirecta.

Se han adaptado las propiedades de cada tipo de terreno a los cálculos de algoritmo de la siguiente manera:

- Bosque: entrar en una casilla de terreno bosque gasta todo el movimiento restante de la unidad, por lo que su coste será equivalente al rango de movimiento de la unidad menos el coste óptimo para llegar a la casilla anterior en la ruta.
- Casa: no afecta a la movilidad de la unidad, por lo que no es un factor en el algoritmo.

- Cultivos: entrar en una casilla de cultivos tiene coste doble (2 puntos, siendo 1 punto el valor predeterminado).
- Camino: si una unidad hace todo su movimiento a lo largo de un camino, puede desplazarse una casilla extra (también dentro del camino). Dado que una implementación directa supondría un cambio importante en el flujo del algoritmo, se ha optado por dar a la casilla un valor distinto según el rango de movimiento de la unidad menor al predeterminado, de manera que solo pueda beneficiarse de este coste menor si la ruta pasa exclusivamente por casillas de tipo camino.

Una vez acabado el algoritmo, se recorre la lista *closed* y se marca en todas las casillas la variable *moveNode* con el valor *true*. En su evento *draw*, las casillas se señalarán a sí mismas como opciones válidas de movimiento con el color azul.

Para señalar la ruta que recorrería la unidad si se desplazase a la casilla sobre la que se encuentra el cursor, el evento *draw* de *obj_cursor* dibuja una línea azul entre cada casilla de la ruta y su *parent*.

Toda esta información se limpia con la función *wipe_nodes()*, asegurando que el cálculo para una jugada no interfiera en el cálculo de las siguientes.

5.2.6. Opciones de enemigos: Jugador o CPU

La modalidad de partida Vs Jugador (en la que dos Jugadores se enfrentan entre sí utilizando el mismo ordenador) fue la primera en ser implementada, alrededor de la cual se han diseñado todas las funcionalidades del juego. Esto se debe a que gracias a la jugabilidad por turnos (y por tanto, la ausencia de concurrencia en las jugadas de cada Jugador), el soporte de multijugador local “*hotseat*” no ha supuesto un esfuerzo adicional a las mecánicas básicas del juego, siendo el turno de un Jugador idéntico al del otro en cuanto a las herramientas a su disposición y el funcionamiento de los elementos del juego.

Para distinguir qué equipo puede utilizar sus unidades en un momento dado se utiliza la variable booleana *turnTeam1* que indica de qué equipo es el turno actual. En cada iteración del *game loop* se comprueba si se han cumplido las condiciones para la finalización del turno del Jugador, y si se da el caso, se cambia el valor de la variable *turnTeam1* para otorgar el control al otro Jugador.

Respecto a la opción Vs CPU, se ha hecho uso de la variable *pausa* para asegurar que mientras sea el turno del contrincante controlado por la máquina, el Jugador no pueda interactuar con las unidades del juego. En su turno, el contrincante controlado por la máquina recorre las unidades de su equipo que faltan por activar en orden aleatorio, y realiza una jugada dependiendo de su tipo y situación. Una vez ha realizado una jugada con todas sus unidades, cambia el turno y se devuelve el control al Jugador.

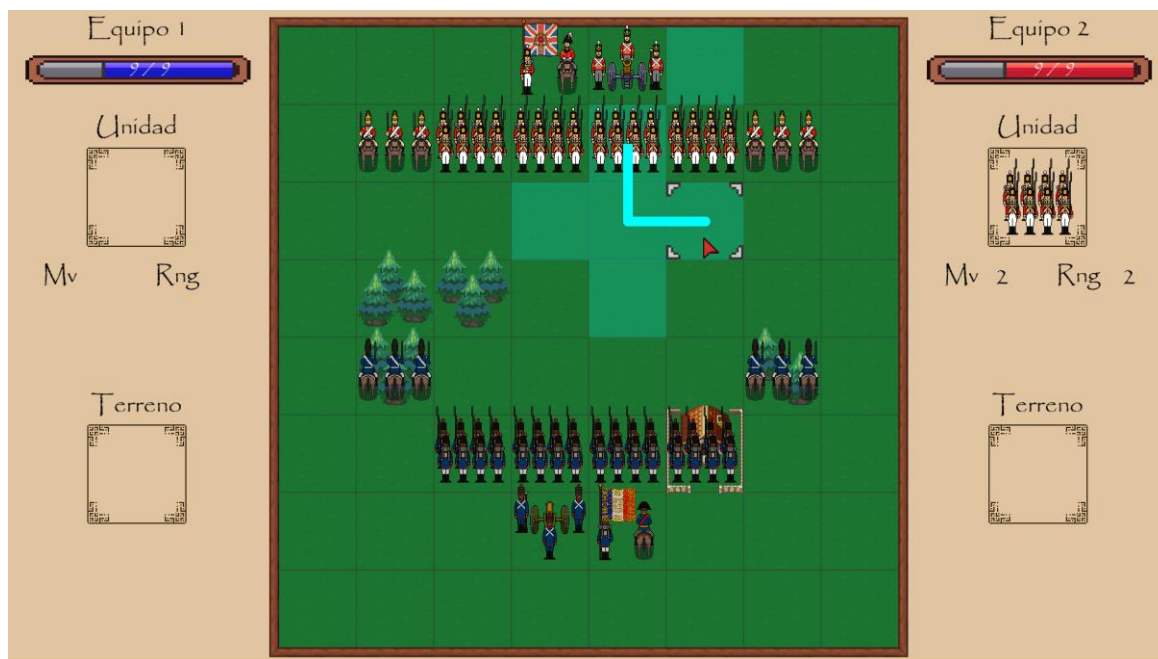


Figura 81: Captura del juego con unidad seleccionada, con los mismos indicadores visuales en el turno del Jugador como el de la máquina

La elaboración de un sistema de toma de elecciones profunda para el contrincante controlado por la máquina, de tal forma que sea satisfactoria y desafiante para el Jugador del juego, supone una labor con tanta complejidad potencial que podría ser digna de su propio proyecto. No obstante, se ha elaborado un sistema para el juego que permite probar parte de este potencial y experimentar con las mecánicas del juego de forma divertida sin necesidad de disponer de otro Jugador.

Antes de explicarla en detalle, es importante entender qué buscamos en dicho sistema. La toma de decisiones por parte de un contrincante controlado por la máquina debe cumplir con dos características esenciales: sentido y impredecibilidad.

El sentido consiste en que las decisiones del contrincante sigan una lógica que corresponda con nuestro entendimiento de una buena estrategia. Para esto, el contrincante debe utilizar cada tipo de unidad de forma distinta para aprovechar sus ventajas y cubrir sus debilidades (por ejemplo, es más probable que el contrincante haga una carga con su unidad de caballería que con su unidad de infantería, ya que la unidad de caballería tiene mejor movilidad y es más efectiva en combates cuerpo a cuerpo). También debe tener en cuenta el terreno y la posición de las unidades (una casilla con terreno que otorgue cobertura suele ser preferible a una sin cobertura en la mayoría de casos). En otras palabras, las decisiones del contrincante deben tender hacia aquellas opciones que más probablemente den un resultado ventajoso (girar una unidad que está en el borde del tablero para que mire al borde de tablero expone sus flancos y retaguardias e imposibilita cualquier tipo de ataque, por lo que es un ejemplo de una decisión que el contrincante debe evitar).

Por otro lado, un sistema de decisiones muy estricto corre el riesgo de ser predecible, y el usuario puede memorizar las decisiones del contrincante hasta tal punto que el juego deje de ser divertido. La impredecibilidad es importante porque hace más difícil adivinar qué va a ocurrir en los turnos siguientes del juego, y aumenta la probabilidad de que una nueva partida se desarrolle de forma diferente. Para implementar este factor impredecible en el contrincante (que no hay que confundir con la impredecibilidad que otorgan las tiradas para ataques a distancia y cargas) existe un grado de aleatoriedad en sus decisiones, de manera que sea más probable que tome decisiones con sentido, pero de vez en cuando pueda tomar decisiones menos convencionales. Esto puede hacer al contrincante más fácil de derrotar para aquellos Jugadores con poca experiencia en estrategia, pero también hacerlo más interesante para aquellos Jugadores muy familiarizados con el juego.

Este equilibrio entre sentido e impredecibilidad lo implementamos a través del uso de una lista ponderada, `weightedOptions`. Una vez se ha asignado una puntuación a cada opción de movimiento o ataque, se introduce en esta lista un número de veces proporcional a dicha puntuación. De esta manera, al elegir un elemento aleatorio de la lista es más probable que obtengamos una opción específica cuanto mayor sea su puntuación. Por ejemplo, en la Figura 82 podemos ver cómo se aplica esto a la elección de un objetivo de ataque

```
// Rate attack options
for(i= 0; i < ds_list_size(attackOptions); i++){
    option = ds_list_find_value(attackOptions, i);
    optionValue = 2;

    if (option.occupant.object_index == obj_unitCommander){
        optionValue++;
    }
    if (option.object_index == obj_terrainObscuring){
        optionValue--;
    }
    if (selectedActor.object_index == obj_unitArtillery){
        optionValue += rate_units_near_target(selectedActor, option.occupant)
    }

    for (n = 0; n < optionValue; n++){
        ds_list_add(weightedOptions, option);
    }
}
hoverNode = ds_list_find_value(weightedOptions, irandom(ds_list_size(weightedOptions)-1));
alarm[2] = game_get_speed(gamespeed_fps)/2;
```

Figura 82: Elaboración y uso de la lista ponderada de opciones de ataque `weightedOptions`

A la hora de calcular la puntuación de las opciones de movimiento, por lo general se aporta un mayor valor a aquellas casillas que ofrecen cobertura y a aquellas casillas adyacentes a un comandante aliado. Una vez la unidad se ha movido, si tiene la elección de cambiar la dirección en la que mira, se vuelven a valorar las opciones (mirar hacia arriba, abajo, izquierda o derecha) según el número de enemigos que se encuentre en esa dirección. De esta manera, una unidad nunca gira hacia una dirección en la que no hay enemigos, y cuantos más enemigos haya en una dirección más probable es que gire hacia ella.

Como ya hemos comentado, el adversario controlado por la máquina debe seguir una lógica distinta según la unidad que está controlando. Estas son las características particulares para la toma de decisiones de cada unidad:

- La infantería siempre empieza su jugada intentando atacar, solo se mueve si no hay objetivos buenos cerca. Valora más disparar al comandante enemigo, y valora menos atacar a enemigos con cobertura. Además, a la hora de moverse no da puntuación adicional a las casillas que tienen terreno de bosque, pues si bien le otorgan cobertura, también limitan el rango del ataque a distancia.
- La artillería se comporta igual que la infantería salvo por algunos cambios. A la hora de elegir un objetivo para su disparo, se tiene en cuenta las casillas que podrían verse afectadas por un desvío del disparo (los enemigos cercanos al objetivo suben la puntuación, mientras que los aliados cercanos bajan la puntuación). La artillería siempre evita las casillas con terreno de bosque.
- La caballería siempre empieza su jugada intentando moverse. Al cálculo de puntuación de las casillas a las que puede moverse, se le añade el hecho de que la caballería favorece significativamente aquellas casillas adyacentes a un enemigo cuyo flanco o retaguardia está desprotegido. Si no elige una de estas casillas, ataca siguiendo el mismo criterio que la infantería.
- El comandante siempre empieza su jugada intentando moverse. Al cálculo de puntuación de las casillas a las que puede moverse, se le añade el hecho de que el comandante prefiere aquellas casillas adyacentes a sus aliados, para poder mejorar sus probabilidades de éxito

5.2.7. Elaboración de sprites

Para la creación de los *sprites* que forman la interfaz y representan las unidades del juego, se han obtenido varios recursos visuales gratuitos con la licencia de *Creative Commons 3.0* [70] y *4.0* [71]. Estos se han tenido que editar frecuentemente para ajustar el tamaño y unificar la dirección artística de los *sprites* para obtener una mejor cohesión visual. Además, estos recursos existentes se han utilizado como base para la creación de nuevos recursos que no se han encontrado en ningún sitio web.

La creación de un *sprite* ha seguido el siguiente proceso general:

1. Búsqueda y obtención del recurso en repositorios públicos como Junior General [72], Itch.io [73] y Open Game Art [74].
2. Edición inicial utilizando las herramientas de GIMP para recortar secciones del recurso.
3. Edición avanzada en el editor de sprites de GameMaker. Esto ha involucrado tanto la reutilización de otros recursos gratuitos obtenidos como el trabajo personal del estudiante.
4. Creación de nuevos *frames* de animación basándose en el *sprite* original.

A la hora de juntar los recursos bajo una sola dirección artística, se ha favorecido el uso de colores fuertes y *sprites* expresivos frente al realismo, siendo este último efectivo solo cuando se dispone de una fidelidad visual muy elevada, algo que no sería viable para el alcance de nuestro proyecto. Además, nuestra elección es más cercana al aspecto de los juegos de guerra a los que hacemos homenaje, dando la apariencia de un tablero de juego repleto de miniaturas.

Se han representado las unidades como grupos de soldados para expresar que cada unidad no es un solo individuo, sino un conjunto de soldados con la misma especialización. Esto también mejora la legibilidad del *sprite* para el propósito de saber cuál es la orientación de la unidad. No obstante, se ha utilizado la abstracción en los elementos del tablero para tener una mejor claridad visual, así como dar una sensación parecida a la de jugar a un juego de guerra físico o un juego de mesa. Por ejemplo, un *sprite* con seis soldados de infantería puede representar un batallón, y un *sprite* de tres soldados de caballería puede representar un escuadrón entero, si bien no se especifica una escala concreta para permitir al Jugador interpretarlo según su preferencia.

Los *sprites* de las unidades, así como los del terreno, suelen tener un tamaño estandarizado de 128 x 128 píxeles, un tamaño mayor al habitual en juegos con gráficos 2D pero que ha otorgado una gran versatilidad a la hora de combinarlos con otros recursos visuales.

Uno de los mayores desafíos en la elaboración de los *sprites* ha sido crear un *sprite* para cada orientación posible de cada unidad (uno mirando arriba, otro abajo, uno a la izquierda y otro a la derecha). J. Bignell [75], el autor de los *sprites* que han servido de base para las unidades, solo hace *sprites* frontales y traseros (en el caso de unidades a caballo o de artillería, un *sprite* para cada lateral) por lo que ha sido necesario crear el resto de *sprites* usando su trabajo como referencia. También se ha creado una pequeña animación “idle” para cada uno de estos *sprites* con el objetivo de señalar que la unidad se puede utilizar en este turno.

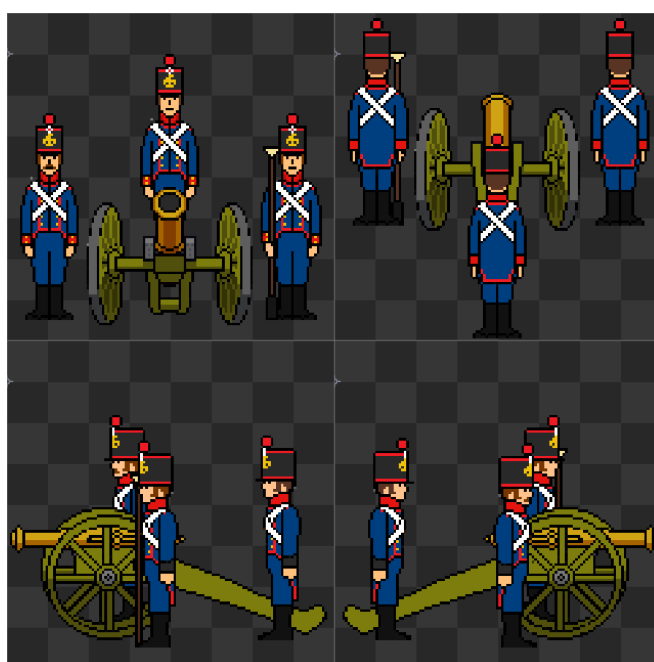


Figura 83: Sprites de artillería francesa (equipo 1).

Además, se ha realizado un trabajo extenso para representar uniformes para los que no había recursos existentes. Si bien se ha procurado mantener la fidelidad histórica en estos uniformes, en algunos casos se ha decidido hacer pequeñas alteraciones para facilitar la distinción entre los equipos (por ejemplo, los dragones franceses usaban un color verde oscuro parecido al azul, mientras que en el juego se ha optado por representarlos con un color azul cercano a verde para mantener la estética “equipo azul vs equipo rojo” del juego).

Resulta difícil evaluar la cantidad de trabajo que ha supuesto la edición de estos recursos respecto al trabajo que supuso la creación de los originales. Por lo general, los *sprites* del terreno y las casillas del tablero han supuesto un esfuerzo menor, mientras que las unidades han requerido mucho más trabajo por parte del estudiante. En la Figura 84 se pueden ver los *sprites* que se han utilizado como base para las unidades de caballería a la izquierda, y el *sprite* realizado por el estudiante usando los anteriores como base.



Figura 84: Comparativa entre *sprites* para la caballería

La interfaz de juego se ha implementado también buscando la inmersión, con texturas semejantes a la de un papel antiguo para evocar la sensación de que estamos observando un tiempo anterior de nuestra historia. Se han creado además algunos iconos propios como los *sprites* de las casillas que se marcan en opciones o los botones en forma de flecha con los que se elige la orientación de la unidad tras moverla.



Figura 85: Sección de configuración del menú

6. Pruebas

6.1. Pruebas a lo largo del desarrollo

Con cada funcionalidad añadida se ha probado el funcionamiento dentro de cada evento del objeto con pruebas unitarias de caja negra (no descritas en la memoria debido a su extensión). De esta forma se ha asegurado el funcionamiento aislado de los elementos del juego antes de comprobar que su interacción se comporta de la manera esperada. También se ha ido probando a lo largo del desarrollo el correcto funcionamiento de los objetos a lo largo de numerosas partidas, desde el uso de los menús a las interacciones en el tablero. Se ha comprobado el cálculo correcto de las casillas de movimiento y ataque para cada unidad con todos los tipos de terreno, y se ha asegurado que la comprobación de condiciones de victoria y los resultados de las jugadas se desarrollaban correctamente. Todo esto se ha comprobado tanto en el turno del Jugador como el del adversario controlado por la máquina.

6.2. Pruebas de aceptación por cada caso de uso

Las pruebas de caja negra tienen el objetivo de evaluar el cumplimiento de los requisitos del sistema, comprobando que las entradas posibles para cada funcionalidad devuelven las salidas esperadas. Para la realización de estas pruebas, vamos a recorrer cada uno de los casos de uso con ejecuciones del código que correspondan a cada flujo posible, contrastando el comportamiento observado con el esperado.

PCN1. Iniciar partida vs. jugador	
Descripción	El Jugador selecciona empezar una partida multijugador.
Entrada	Desde el menú principal el Jugador selecciona la opción “Partida” y después la opción “Vs. Jugador”.
Resultado esperado	Empieza una partida nueva multijugador, se genera el tablero y sus contenidos correctamente, y comienza el turno de un equipo.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 31: Prueba de caja negra 1. Iniciar partida vs. Jugador

PCN2. Iniciar partida vs. CPU	
Descripción	El Jugador selecciona empezar una partida contra la máquina.
Entrada	Desde el menú principal el Jugador selecciona la opción “Partida” y después la opción “Vs. CPU”.
Resultado esperado	Empieza una partida nueva contra el ordenador, se genera el tablero y sus contenidos correctamente, y comienza el turno de un equipo.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 32: Prueba de caja negra 2. Iniciar partida vs. CPU

PCN3. Cancelar inicio partida	
Descripción	El Jugador cancela el proceso de iniciar partida.
Entrada	Desde el menú principal el Jugador selecciona la opción “Partida” y después pulsa la tecla “esc” para salir.
Resultado esperado	Se vuelve al inicio del menú principal.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 33: Prueba de caja negra 3. Cancelar inicio partida

PCN4. Pausar y reanudar partida	
Descripción	El Jugador pausa el juego y reanuda el juego desde el menú de pausa.
Entrada	En medio de una partida, el Jugador pulsa la tecla “esc” para mostrar el menú de pausa. Después pulsa la tecla “esc” o el botón “reanudar”.
Resultado esperado	Aparece el menú de pausa, y el Jugador no puede interactuar con el tablero. Al pulsar la tecla “esc” o el botón “reanudar” se cierra el menú de pausa y la partida continúa.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 34: Prueba de caja negra 4. Pausar y reanudar partida

PCN5. Pausar y salir de la partida	
Descripción	El Jugador pausa el juego y sale del juego desde el menú de pausa.
Entrada	En medio de una partida, el Jugador pulsa la tecla “esc” para mostrar el menú de pausa. Después pulsa el botón “salir del juego”.
Resultado esperado	Aparece el menú de pausa, y el Jugador no puede interactuar con el tablero. Cuando se pulsa en “salir del juego” se acaba la partida y se vuelve al menú principal.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 35: Prueba de caja negra 5. Pausar y salir de la partida

PCN6. Acceso y cambio de opciones	
Descripción	El Jugador accede a la sección de opciones, las cambia y guarda los cambios.
Entrada	Desde el menú principal o el menú de pausa, el Jugador pulsa en el botón “opciones” para acceder a las opciones, hace uno o varios cambios, y pulsa el botón “guardar”.
Resultado esperado	Aparece la sección de opciones, y tras modificarlas y guardar, se aplican los cambios y se vuelve al menú anterior.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 36: Prueba de caja negra 6. Acceso y cambio de opciones

PCN7. Acceso y cancelación del cambio de opciones	
Descripción	El Jugador accede a la sección de opciones, las cambia y cancela los cambios.
Entrada	Desde el menú principal o el menú de pausa, el Jugador pulsa en el botón “opciones” para acceder a las opciones, hace uno o varios cambios, y pulsa el botón “cancelar” o presiona la tecla “esc”.
Resultado esperado	Aparece la sección de opciones, y tras modificarlas y cancelar, no se aplican los cambios y se vuelve al menú anterior.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 37: Prueba de caja negra 7. Acceso y cancelación del cambio de opciones

PCN8. Acceso al manual	
Descripción	El Jugador accede a la sección de manual.
Entrada	Desde el menú principal o el menú de pausa, el Jugador pulsa en el botón “manual”.
Resultado esperado	Se abre el documento del manual fuera del juego.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 38: Prueba de caja negra 8. Acceso al manual

PCN9. Jugada en mitad del turno	
Descripción	El Jugador realiza una jugada que no termina su turno.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador realiza una jugada cualquiera cuando todavía le queda otra unidad por utilizar.
Resultado esperado	La unidad queda marcada como utilizada y no se puede seleccionar en este turno. El Jugador puede seleccionar otras unidades no utilizadas y todavía no comienza el turno siguiente.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 39: Prueba de caja negra 9. Jugada en mitad del turno

PCN10. Jugada final del turno	
Descripción	El Jugador realiza una jugada que termina su turno.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador realiza una jugada con su última unidad sin utilizar en este turno.
Resultado esperado	La unidad queda marcada como utilizada, se muestra la animación de cambio de turno y comienza el turno siguiente. El otro equipo puede mover sus unidades.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 40: Prueba de caja negra 10. Jugada final del turno

PCN11. Jugada final de la partida	
Descripción	El Jugador realiza una jugada y se termina la partida.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador realiza una jugada con su última unidad sin utilizar en este turno, y al menos uno de los equipos ha llegado a su punto de agotamiento.
Resultado esperado	La unidad queda marcada como utilizada, se muestra la animación de fin de la partida anunciando un ganador, se acaba la partida y se vuelve al menú principal.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 41: Prueba de caja negra 11. Jugada final de la partida

PCN12. Opciones de jugada de infantería	
Descripción	El Jugador selecciona una unidad de infantería y aparecen las opciones de movimiento y ataque.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador selecciona una unidad de infantería que todavía no ha utilizado.
Resultado esperado	La unidad muestra las opciones de movimiento y de ataque que corresponden a una unidad de infantería según su posición, su orientación y el resto de elementos del tablero.
Resultado obtenido	Corregido. Ha sido necesario ajustar el collision_box de las unidades y algunos tipos de terreno para que se calcule bien la línea de visión en algunos casos donde las unidades involucradas estaban colocadas diagonalmente respecto a la otra.

Tabla 42: Prueba de caja negra 12. Opciones de jugada de infantería

PCN13. Opciones de jugada de caballería	
Descripción	El Jugador selecciona una unidad de caballería y aparecen las opciones de movimiento y ataque.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador selecciona una unidad de caballería que todavía no ha utilizado.
Resultado esperado	La unidad muestra las opciones de movimiento y de ataque que corresponden a una unidad de caballería según su posición, su orientación y el resto de elementos del tablero.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 43: Prueba de caja negra 13. Opciones de jugada de caballería

PCN14. Opciones de jugada de artillería	
Descripción	El Jugador selecciona una unidad de artillería y aparecen las opciones de movimiento y ataque.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador selecciona una unidad de artillería que todavía no ha utilizado.
Resultado esperado	La unidad muestra las opciones de movimiento y de ataque que corresponden a una unidad de artillería, según su posición, su orientación y el resto de los elementos del tablero. Las opciones de ataque incluyen objetivos para los que la unidad tiene línea de visión indirecta.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 44: Prueba de caja negra 14. Opciones de jugada de artillería

PCN15. Opciones de jugada de comandante	
Descripción	El Jugador selecciona una unidad de comandante y aparecen las opciones de movimiento.
Entrada	En medio de su turno en una partida, el Jugador selecciona una unidad de comandante que todavía no ha utilizado.
Resultado esperado	La unidad muestra las opciones de movimiento que corresponden a una unidad de comandante, según su posición, su orientación y el resto de los elementos del tablero. No hay opciones de ataque.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 45: Prueba de caja negra 15. Opciones de jugada de comandante

PCN16. Mover y girar unidad	
Descripción	El Jugador mueve una unidad (no de artillería) y elige su orientación.
Entrada	El Jugador mueve una unidad seleccionada a una casilla no adyacente a un enemigo, y el selecciona uno de los cuatro botones para elegir la orientación de la unidad.
Resultado esperado	Al mover la unidad esta cambia su posición a la casilla seleccionada y se muestran las cuatro opciones de orientación. Seleccionar cualquiera de ellas gira la unidad a la orientación correspondiente, y se muestran las nuevas opciones de ataque.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 46: Prueba de caja negra 16. Mover y girar unidad

PCN17. Mover unidad hasta un enemigo	
Descripción	El Jugador mueve una unidad a una casilla adyacente a un enemigo
Entrada	El Jugador mueve una unidad seleccionada a una casilla adyacente a un enemigo.
Resultado esperado	Al mover la unidad esta cambia su posición a la casilla seleccionada y se gira hacia uno de los enemigos adyacentes. Tras esto tiene la opción de atacar al enemigo que tiene en frente.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 47: Prueba de caja negra 17. Mover unidad hasta un enemigo

PCN18. Mover artillería	
Descripción	El Jugador mueve una unidad de artillería y elige su orientación.
Entrada	El Jugador mueve una unidad de artillería seleccionada a una casilla no adyacente a un enemigo, y el selecciona uno de los cuatro botones para elegir la orientación de la unidad
Resultado esperado	Al mover la unidad esta cambia su posición a la casilla seleccionada y se muestran las cuatro opciones de orientación. Seleccionar cualquiera de ellas gira la unidad a la orientación correspondiente. Tras esto no tiene ninguna opción de ataque y la unidad se marca como utilizada.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 48: Prueba de caja negra 18. Mover artillería

PCN19. Disparo de infantería o caballería	
Descripción	El Jugador selecciona hacer un ataque a distancia con una unidad de infantería o caballería
Entrada	Con una unidad de infantería o caballería seleccionada, el Jugador hace clic en uno de los posibles objetivos para el ataque a distancia.
Resultado esperado	Al realizar el ataque a distancia, el ataque falla o acierta. Si acierta, la unidad enemiga atacada es empujada una casilla más lejos de la unidad atacante, o es destruida. Si es destruida, los puntos de fuerza del equipo de la unidad destruida disminuyen la cantidad correspondiente a la unidad destruida.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 49: Prueba de caja negra 19. Disparo de infantería o caballería

PCN20. Disparo de artillería	
Descripción	El Jugador selecciona hacer un ataque a distancia con una unidad de artillería.
Entrada	Con una unidad de artillería seleccionada, el Jugador hace click en uno de los posibles objetivos para el ataque a distancia.
Resultado esperado	Al realizar el ataque a distancia, el ataque puede acertar en la casilla objetivo, o desviarse a la casilla anterior o la posterior. Si cae sobre una casilla con ocupante, la unidad atacada es empujada una casilla más lejos de la unidad atacante, o es destruida. Si es destruida, los puntos de fuerza del equipo de la unidad destruida disminuyen la cantidad correspondiente a la unidad destruida.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 50: Prueba de caja negra 20. Disparo de artillería

PCN21. Carga a enemigo	
Descripción	El Jugador selecciona hacer un ataque a una unidad enemiga adyacente.
Entrada	Con una unidad seleccionada, el Jugador hace click en un objetivo de ataque que es adyacente a la unidad seleccionada.
Resultado esperado	Al realizar la carga, tanto la unidad que realiza la carga como la que la recibe pueden recibir daño. Cada unidad que reciba daño es empujada una casilla atrás o ser destruida. Si es destruida, los puntos de fuerza del equipo de la unidad destruida disminuyen la cantidad correspondiente a la unidad destruida.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 51: Prueba de caja negra 21. Carga a un enemigo

PCN22. Acceso a créditos	
Descripción	El Jugador accede a la sección de créditos.
Entrada	Desde el menú principal, el Jugador pulsa en el botón “créditos”.
Resultado esperado	Se abre el documento de los créditos fuera del juego.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 52: Prueba de caja negra 22. Acceso a créditos

6.3. Evaluación de usabilidad de la interfaz

La evaluación de usabilidad de la interfaz consiste en realizar una o varias pruebas en las que el usuario de prueba interactúa con un prototipo de la interfaz, y en base a su experiencia evaluar los criterios de usabilidad (facilidad de aprendizaje, facilidad de recuerdo, tratamiento de errores, satisfacción y eficiencia).

La prueba consistirá en que el usuario de prueba juegue una partida contra la máquina, durante la cual el responsable de la prueba le pedirá que interactúe con las unidades para realizar jugadas específicas e interactúe con los menús para personalizar su experiencia de juego.

Tras la prueba, se realizarán varias preguntas a los usuarios de prueba correspondientes a los criterios de usabilidad ya mencionados. La respuesta será una puntuación del 1 al 5, siendo 1 el resultado más desfavorable y el 5 el resultado más favorable para el criterio de usabilidad evaluado:

- Q1. El usuario de prueba siente que ha entendido cómo funciona el juego.
- Q2. El usuario de prueba siente que el juego es sencillo.
- Q3. El usuario de prueba ha prescindido de la ayuda del manual la mayor parte del tiempo.
- Q4. El usuario de prueba siente que el juego es intuitivo.
- Q5. El usuario de prueba no ha necesitado revisar aquella información que ya ha aprendido.
- Q6. El usuario de prueba no ha experimentado errores durante la prueba.
- Q7. El usuario de prueba ha podido recuperarse de los errores durante la prueba.
- Q8. El usuario de prueba siente que el juego ha hecho lo que le ha pedido.
- Q9. El usuario de prueba siente que el juego es divertido.
- Q10. El usuario de prueba siente que los controles del juego son cómodos.
- Q11. El usuario de prueba siente que el nivel de dificultad del juego ha sido adecuado.
- Q12. El usuario de prueba volvería a jugar al juego.
- Q13. El usuario de prueba piensa que el apartado visual del juego es agradable.
- Q14. El usuario de prueba siente no ha tenido que hacer más clics de los necesarios para controlar el juego.
- Q15. El usuario de prueba siente que es fácil distinguir las unidades por tipo y equipo.
- Q16. El usuario de prueba siente que es fácil seguir los movimientos del adversario controlado por el ordenador.
- Q17. El usuario de prueba no ha tenido problemas de rendimiento jugando el juego en su equipo

Los usuarios que va a realizar las pruebas son:

- U01. Califica su experiencia con juegos de estrategia como un 3/5 (ha jugado un juego de estrategia concreto mucho en el pasado, pero no recientemente y no suele jugar juegos de estrategia).
- U02. Califica su experiencia con juegos de estrategia como un 2/5 (ha jugado a juegos RPG cuyas mecánicas a veces se parecen a las de juegos de estrategia, pero no suele jugar a juegos de estrategia)
- U03. Califica su experiencia con juegos de estrategia como un 1/5 (No juega a videojuegos más allá de algunas aplicaciones de móvil o tablet, ninguno es de estrategia)
- U04. Califica su experiencia con juegos de estrategia como un 5/5 (juega de forma habitual a juegos de estrategia con gran complejidad mecánica).

En la se pueden ver los resultados de las pruebas. La valoración final para cada pregunta se obtiene con la media redondeada de las respuestas (salvo en casos donde da un resultado que se encuentra justo entre uno y otro valor, donde se considera que la disparidad entre el valor intermedio y los extremos es lo suficientemente grande como para no ignorarla).

Usuario	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17
U01	4	4	5	4	4	5	-	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5
U02	4	5	3	4	4	5	-	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
U03	4	4	4	4	5	5	-	5	3	5	4	4	4	4	5	4	5
U04	3	5	3	4	5	5	-	4	3	5	5	2	5	5	5	5	5
Final	4	4.5	4	4	4.5	5	-	4	3.5	4	4	4	5	5	5	5	5

Tabla 53: Respuestas al cuestionario de la prueba de usabilidad

Algunas otras observaciones que han surgido durante las pruebas han sido las siguientes:

- Los usuarios U01 y U02 no estaban acostumbrados a la forma en la que el juego alterna entre usar el clic izquierdo y el clic derecho, no les resultó inmediatamente claro qué tipo de clic utilizar y acabaron su jugada de forma accidental más de una vez. El usuario U04 asumió correctamente el uso de los clics izquierdo y derecho al principio, pero después cometió puntualmente el mismo error.
- El usuario U01 no entendía al principio el propósito de los botones en forma de flecha que permiten cambiar la orientación de la unidad.
- Los usuarios U01 y U04 han comentado que sería bueno que el juego implementase alguna forma de deshacer una jugada o que se asegurase de que el usuario quiere realizar la acción que acaba de mandar, para ofrecer al sistema una mayor robustez.
- El usuario U02 propuso señalar de forma más clara algunos elementos de la interfaz, como aquellas casillas que pueden ser objetivo de un tiro indirecto de artillería (dijo que el amarillo era demasiado suave) y las unidades que ya se han utilizado (propuso que tuvieran un color más apagado, pero reconoció también que en ese caso sería más difícil distinguirlas de las unidades enemigas).
- El usuario U03 ha echado en falta más indicaciones de qué ha ocurrido (puso como ejemplo que al disparar a una unidad y fallar, no quedaba claro si el disparo se ha realizado pero no ha acertado, o si el juego directamente no había registrado el disparo). El usuario U04 ha señalado el mismo problema (poniendo el ejemplo de que no viene indicado en ningún lugar de la interfaz que cargar el flanco o la retaguardia del rival es deseable), y ha propuesto como solución un registro (*log*) en la interfaz que imprima por pantalla todas las acciones que tienen lugar en la partida.
- Por último, el U04 comentó que le gustaría que la interfaz incorporase un diseño más interactivo, poniendo el ejemplo de que cuando se ofrece la opción de girar la unidad que el juego ofrezca una vista previa del giro según la posición actual del cursor.

Como conclusión de las pruebas de usabilidad, podemos afirmar que el prototipo cumple en la mayoría de atributos de usabilidad. Donde más falla es en el tratamiento de errores, ya que si bien el sistema no ha experimentado ningún error que afectase a la correcta ejecución del software, el sistema tiene problemas de robustez a la hora de lidiar con los errores de usuario. El caso más claro ha sido que todos los usuarios han interrumpido al menos una de sus jugadas accidentalmente y no han podido deshacer la acción.

Los usuarios coinciden en que el juego ha tenido éxito en cuanto a su sencillez, su claridad visual, el atractivo de su apartado visual y su rendimiento (dos de los usuarios tienen equipos sin tarjeta gráfica dedicada y no han tenido ningún problema de rendimiento durante la prueba). Las opiniones respecto a la diversión que han experimentado jugando al juego se dividen en neutrales y positivas, aunque es de esperar que mejorar la robustez del juego también facilite la diversión del usuario.

Los usuarios con experiencia intermedia (U01 y U02) han sido los que han expresado una mayor satisfacción con el juego. Algo razonable, dado que el U03 no suele jugar a videojuegos mientras que el U04 tiene una mayor preferencia por los juegos de estrategia más complejos, pero aun así han mostrado suficiente interés como para pensar que se podría atraer a usuarios similares incorporando al juego aquellos cambios más importantes.

Por tanto, sería conveniente incorporar las siguientes propuestas de los usuarios para hacer el juego más cómodo y fácil:

- Señales de la interfaz más resaltadas.
- Elementos visuales más interactivos durante la realización de la jugada.
- Tener más indicadores acerca de los resultados de las jugadas.
- Pedir confirmación cuando el usuario mueve o ataca con una unidad.

Además, para poder introducir a nuevos jugadores al juego sin necesidad de acceder al manual, se podría implementar un tutorial rápido y sencillo que explique las características de las unidades y los tipos de terreno, además de mostrar paso por paso cómo se realizan las acciones de las unidades (lo cual evitaría la confusión inicial alrededor del uso del clic izquierdo y el clic derecho).

7. Conclusiones y futuras aplicaciones

7.1. Cumplimiento de los objetivos

Al comienzo del proyecto nos planteamos los siguientes objetivos:

Objetivo de proyecto	Cumplido
Crear un videojuego que siga el reglamento del juego de mesa “The Portable War-game”, con partidas de dos jugadores por turnos que acaban en victoria y derrota.	Sí
Dar importancia al aspecto visual de las piezas y de las opciones que tiene el jugador.	Sí
Implementar un sistema de toma de decisiones para un adversario controlado por el ordenador.	Sí
Aplicar parámetros de usabilidad para hacer que los jugadores tengan toda la información necesaria para la toma de decisiones.	Sí
Utilizar como motor de videojuego GameMaker [33].	Sí
(Opcional) Implementar la posibilidad de jugar partidas online entre dos jugadores usando una conexión peer-to-peer.	No

Tabla 54: Lista y cumplimiento de los objetivos del proyecto

Mirando atrás, podemos decir con seguridad que el proyecto ha cumplido con sus objetivos, ya que se ha creado un videojuego que satisface estas características, así como los requisitos definidos en la fase de análisis, habiendo implementado todos los casos de uso detallados. Dicho esto, es cierto también que ha requerido un esfuerzo y cantidad de tiempo mayor al planificado, pero el resultado de estos justifica el trabajo adicional realizado.

En el aspecto personal, el proyecto a supuesto también una gran fuente de aprendizaje para el estudiante, poniendo al límite sus capacidades y haciéndole desarrollar nuevas habilidades para adaptarse a los desafíos emergentes. Podemos afirmar por tanto que se han cumplido sus objetivos personales, y que ha podido familiarizarse con los desafíos que conllevan el desarrollo de un videojuego, la adaptación de un producto físico a un formato digital, el dominio de la herramienta GameMaker, la solución de problemas específicos de los juegos de estrategia y la búsqueda de recursos dentro de la licencia Creative Commons.

7.2. Futuras mejoras

Existen muchas vías de ampliación para el proyecto, lo cual demuestra el enorme trabajo que conlleva el desarrollo de un videojuego de estrategia. La primera prioridad debería ser la incorporación de funcionalidades de calidad de vida que mejoren la experiencia central del juego, pero posteriormente se podrían explorar las siguientes líneas de desarrollo:

- Mejoras del tablero. La generación aleatoria de terreno, cambiando la cantidad de terreno de cada tipo y su posición para cada nueva partida, haría que cada partida fuese más única e interesante. La opción de poder colocar las unidades de cada tipo libremente dentro de un espacio delimitado otorgaría una nueva dimensión de estrategia. También sería adecuado dar la opción de cambiar el tamaño del tablero, ofreciendo mayores batallas a aquellos que las prefieran.
- Funcionalidades online. Un modo multijugador online (quizás utilizando las funciones P2P que soporta GameMaker de forma nativa) potenciaría el aspecto social del juego, una parte importante de la afición de los juegos de guerra, y ayudaría a mantener una comunidad de jugadores a los que se les podría vender futuras expansiones del juego. Estas funcionalidades podrían incluir estadísticas del jugador (victorias, derrotas y unidades enemigas eliminadas, por ejemplo) y rankings globales.
- Modo campaña o desafíos. Esto otorgaría mucho más valor al juego para aquellos jugadores que prefieren enfrentarse a la máquina. Sería también conveniente incorporar mejoras en la toma de decisiones del adversario controlado por la máquina, así como ofrecer varios niveles de dificultad.

Además, siempre se puede expandir el proyecto con funcionalidades adicionales como nuevas unidades, bandos y modos de batallas, así como nuevos efectos visuales y de sonido. Las funcionalidades existentes también se podrían mejorar con gráficos más atractivos, por ejemplo, implementando unas animaciones de combate desde un plano distinto como se puede ver en la Figura 86, que muestra un boceto descartado durante el desarrollo.

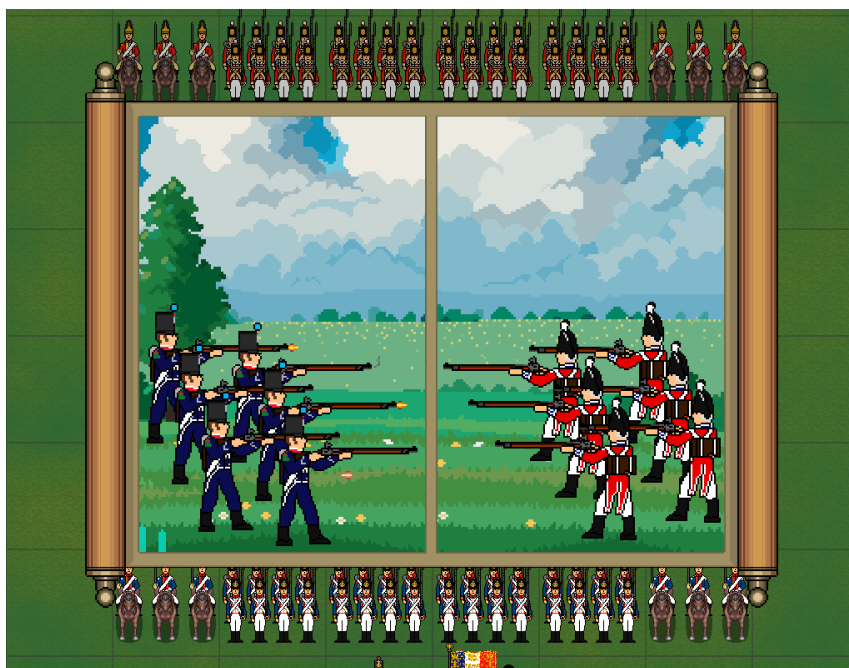


Figura 86: Boceto de animaciones de combate descartadas

Bibliografía

- [1] B. Pereira y I. Jiménez, «Los Juegos de Mesa a lo largo de las Civilizaciones,» *Revista Nuclear*, 2020.
- [2] K. Schengili-Roberts, «Wikimedia Commons, File:SenetBoard-InscribedWithNameOfAmunhotepIII BrooklynMuseum.png,» 1 Febrero 2007. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SenetBoard-InscribedWithNameOfAmunhotepIII_BrooklynMuseum.png?uselang=es. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [3] Wilfredor, «WikiMedia Commons, File:Chess game Staunton No. 6 perfil view 9.jpg,» 26 Abril 2024. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chess_game_Staunton_No._6_perfil_view_9.jpg?uselang=es. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [4] Chaturaji, «Wikimedia Commons, File:Chaturaji Chess Arrangement.jpg,» 15 Mayo 2021. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaturaji_Chess_Arrangement.jpg?uselang=es. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [5] L. Lorusso, *Introduction to Wargaming*, 2024.
- [6] K. Gilliam, «Getting War(gaming) Back Into College,» *War Room*, 2020.
- [7] Historical Miniatures Gaming Society, «The History of Wargaming,» [En línea]. Available: <https://hmgs.site-ym.com/general/custom.asp?page=WargamingHistory>. [Último acceso: 16 Mayo 2025].
- [8] Kurzon, «Wikimedia Commons Hellwig 1780 wargame board,» 31 Octubre 2025. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hellwig_1780_wargame_board.jpg. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [9] B. Cordery, *The Portable Wargame*, Eglinton Books, 2022.
- [10] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, La Conquête du Monde,» 16 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/9294/la-conquete-du-monde>. [Último acceso: 16 Mayo 2025].
- [11] First Versions, «First Versions, Risk,» 1 Enero 2025. [En línea]. Available: <https://www.firstversions.com/2017/01/risk.html>. [Último acceso: 19 Mayo 2025].

- [12] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, Napoleon's Last Battles,» 16 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/4230/napoleons-last-battles>. [Último acceso: 16 Mayo 2025].
- [13] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, 18 giugno 1815: Waterloo,» 16 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/148426/18-giugno-1815-waterloo>. [Último acceso: Mayo 16 2025].
- [14] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, War and Peace,» 16 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/626/war-and-peace>. [Último acceso: 16 Mayo 2025].
- [15] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, Volley & Bayonet,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/16030/volley-and-bayonet>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [16] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, The Age of Eagles,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/31025/the-age-of-eagles>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [17] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, Black Powder: Second Edition,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/60815/black-powder-second-edition>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [18] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, Absolute Emperor: Napoleonic Wargame Battles,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/338085/absolute-emperor-napoleonic-wargame-battles>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [19] Volley and Bayonet, «Volley and Bayonet; Wordpress,» [En línea]. Available: <https://volleyandbayonet.wordpress.com/introduction/>. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [20] BoardGameGeek, «BoardGameGeek, Commands & Colors: Napoleonics,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://boardgamegeek.com/boardgame/62222/commands-and-colors-napoleonics>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [21] B. Cordery, «Wargaming Miscellany; Blogspot,» 25 Abril 2012. [En línea]. Available: <https://wargamingmiscellany.blogspot.com/2012/04/portable-wargame-is-my-new-desktop.html>. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [22] vedder, «Moby Games, Empire,» 19 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.mobygames.com/game/92239/empire/>. [Último acceso: 18 05 2025].
- [23] Take-Two Interactive, «Sid Meier's Civilization Official Site,» 2025. [En línea]. Available: <https://civilization.2k.com/es-ES/civ/>. [Último acceso: 18 05 2025].

- [24] T. W. Scribe, «The Wargaming Scribe, Empire,» 23 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://zeitgame.net/archives/2909>. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [25] G. Anderson, «Moby Games, Napoleon's Campaigns: 1813 & 1815,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.mobygames.com/game/43395/napoleons-campaigns-1813-1815/>. [Último acceso: 18 05 2025].
- [26] Wargame Design Studio, «Campaign Eckmuhl,» Wargame Design Studio, 2025.
- [27] GSC Game World, «Cossacks: Back to War,» GSC World Publishing, 2002.
- [28] Pyro Studios, «Imperial Glory,» Kalypso Media Digital, 2005.
- [29] Norb Software Development LLC, «Scourge of War - Remastered,» Norb Software Development LLC, 2024.
- [30] CREATIVE ASSEMBLY, «Total War: NAPOLEON,» SEGA, 2010.
- [31] TheOffKn1ght, «Reddit,» 4 Octubre 2021. [En línea]. Available: https://www.reddit.com/r/totalwar/comments/q0yl0y/napoleon_total_war_is_still_one_of_my_favorites/. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [32] C. Jarnot, «Napoleon's Eagles: Game of Napoleonic Wars,» Avalon Digital, 2023.
- [33] YoYo Games Ltd., «GameMaker,» YoYo Games Ltd., 2022.
- [34] Chucklefish, «Wargroove,» Chucklefish, 2019.
- [35] Shoddyan, «Moby Games, Famicom Wars,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.mobygames.com/game/30697/famicom-wars/>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [36] Bregalad, «Moby Games, Fire Emblem: Shadow Dragon & the Blade of Light,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.mobygames.com/game/18647/fire-emblem-shadow-dragon-the-blade-of-light/>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [37] Dalen Studios, «SOVL: Fantasy Warfare,» Dalen Studios, 2023.
- [38] Games Workshop, White Dwarf, Games Workshop.
- [39] Byzantine Games, «Field of Glory II: Medieval,» Slitherine Ltd., 2021.
- [40] AGEOD, «Field of Glory: Kingdoms,» Slitherine Ltd., 2024.
- [41] Overhype Studios, «Battle Brothers,» Overhype Studios, 2017.
- [42] Firaxis Games, «XCOM 2,» 2K, 2016.

- [43] I. Garrido, «PlayStation.Blog, El enemigo regresa: Firaxis te da la bienvenida a XCOM 2,» 27 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://blog.es.playstation.com/2016/09/27/el-enemigo-regresa-firaxis-te-da-la-bienvenida-a-xcom-2/>. [Último acceso: 19 Mayo 2025].
- [44] Goldhawk Interactive, «Xenonauts 2,» Hooded Horse, 2023.
- [45] Subset Games, «Into the Breach,» Subset Games, 2018.
- [46] Lock n' Load Publishing, «Lock n' Load Tactical Digital,» Lock n' Load Publishing, 2020.
- [47] Berserk Games, «Tabletop Simulator,» Berserk Games, 2015.
- [48] G. Isabelli y E. Colin, «Board Game Arena,» 18 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://en.boardgamearena.com/>. [Último acceso: 18 Mayo 2025].
- [49] K. Schwaber y J. Sutherland, Guía de Scrum, 2016.
- [50] B. Hughes y M. Cotterel, Software Project Management, McGraw Hill / Europe, Middle East & Africa, 2009.
- [51] Glassdoor LLC, «Glassdoor, sueldos,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://www.glassdoor.es/Sueldos/index.htm>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [52] ChangeVision, «Astah, Individual licensing options,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://astah.net/pricing/individual/>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [53] Microsoft, «Microsoft, Microsoft 365, Ver planes y precios,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/compare-all-microsoft-365-products>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [54] YoYo Games Ltd., «GameMaker, Elige un nivel y crea un juego,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://gamemaker.io/es/get>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [55] Coworking Café, «Coworking Café Valladolid, Tarifas,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://www.coworkingcafevalladolid.es/tarifas-espacios-coworking-valladolid/>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [56] M. Richards y N. Ford, Fundamentals of Software Architecture An Engineering Approach, O'Reilly Media, 2020.
- [57] YoYo Games, «GameMaker Manual, Event Order,» 9 Junio 2025. [En línea]. Available: https://manual.gamemaker.io/lts/en/The_Asset_Editors/Object_Properties/Event_Order.htm. [Último acceso: 9 Junio 2025].
- [58] R. Nystrom, «gameprogrammingpatterns,» 10 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://gameprogrammingpatterns.com>. [Último acceso: 2025 Junio 9].

- [59] J. Nielsen, Usability Engineering, Academic Press Inc, 1993.
- [60] YoYo Games Ltd., «GameMaker Manual,» 17 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://manual.gamemaker.io/monthly/es/#t=Content.htm>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [61] YoYo Games Ltd., «GameMaker, Tutorials,» 28 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://gamemaker.io/es/tutorials>. [Último acceso: 28 Junio 2025].
- [62] GIMP's Team, «Gimp,» 17 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://www.gimp.org/>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [63] Change Vision, «Astash,» 17 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://astah.net/>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [64] Kiwi Creative, «Figma,» 17 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://www.figma.com>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [65] Microsoft, «Microsoft, Word,» 26 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/word>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [66] Microsoft, «Microsoft, Excel,» 26 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [67] GitHub, «Documentación de GitHub, Acerca de GitHub y Git,» 2 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://docs.github.com/es/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>. [Último acceso: 2 Julio 2025].
- [68] Microsoft, «Microsoft,» 26 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/group-chat-software>. [Último acceso: 17 Junio 2025].
- [69] G. Brassard y P. Bratley, Fundamentos de Algoritmia, Prentice Hall, 1997.
- [70] Creative Commons, «Creative Commons, Reconocimiento 3.0 España,» 10 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/deed.es>. [Último acceso: 1 Julio 2025].
- [71] Creative Commons, «Creative Commons, Atribución/Reconocimiento 4.0 Internacional,» 10 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>. [Último acceso: 1 Julio 2025].
- [72] Junior General, «Junior General,» 1 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://juniorgeneral.org/>. [Último acceso: 1 Julio 2025].
- [73] L. Corcoran, «Itch.io,» 1 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://itch.io/>. [Último acceso: 1 Julio 2025].

- [74] B. Kelsey, «Open Game Art,» 1 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://opengameart.org/>. [Último acceso: 1 Julio 2025].
- [75] Junior General, «Junior General,» 1 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://juniorgeneral.org/index.php/figure/designer/J.%20Bignell>. [Último acceso: 1 Julio 2025].

Anexo A: manual de instalación

La instalación del juego sigue un proceso muy sencillo, ya que se ha creado un instalador que automatiza el proceso:

1. Abrir el fichero TFG_ThePortableWargame.exe (es posible que el sistema le pregunte si quiere permitir que la aplicación haga cambios en el dispositivo, hay que hacer clic en “Sí”).

Enlace al fichero:

https://gitlab.inf.uva.es/javdepr/tfg_theportablewargame/-/blob/main/TFG_ThePortableWargame.exe?ref_type=heads

2. Aceptar el acuerdo de licencia (hacer clic en la opción “I Agree”).

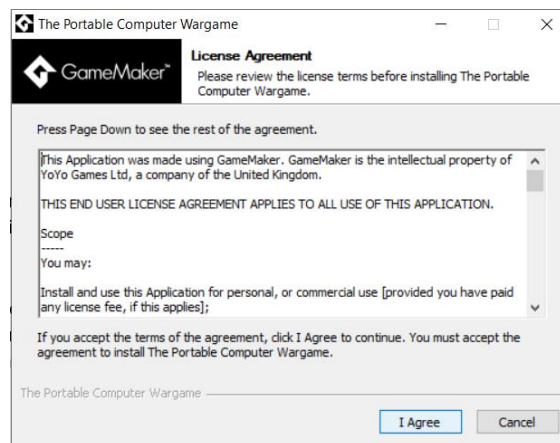


Figura 87: Acuerdo de licencia del instalador

3. Elegir qué componentes se desea instalar. Si bien no es obligatorio, se recomienda seleccionar el atajo del menú de inicio (Start menu Shortcuts) para tener fácil acceso a la aplicación. Después hacer clic en “Next”.

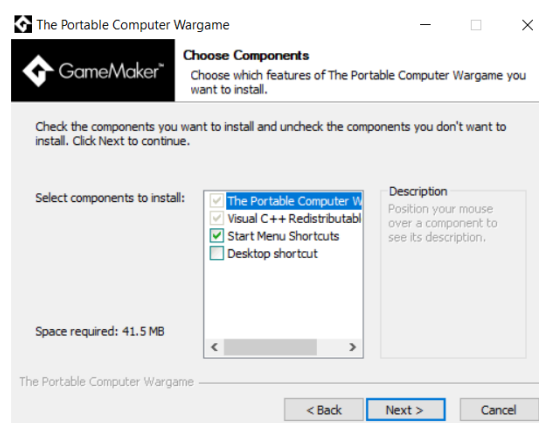


Figura 88: Elección de componentes del instalador

4. Seleccionar una ubicación para el programa. La opción por defecto será dentro de Program Files (x86). Después hacer clic en “Install”.

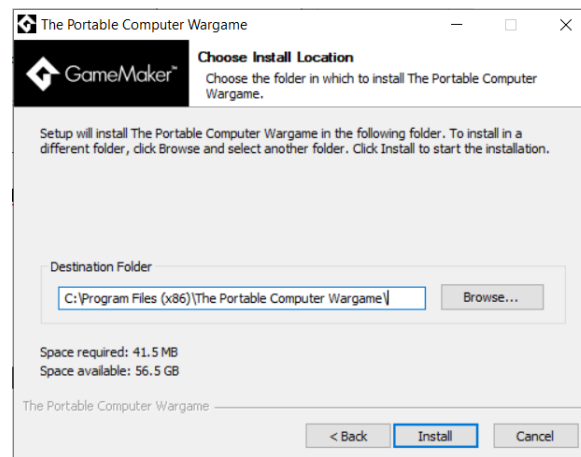


Figura 89: Elección de ubicación de instalación

5. Esperar a que termine la instalación y hacer clic en “Next” para finalizar la instalación.

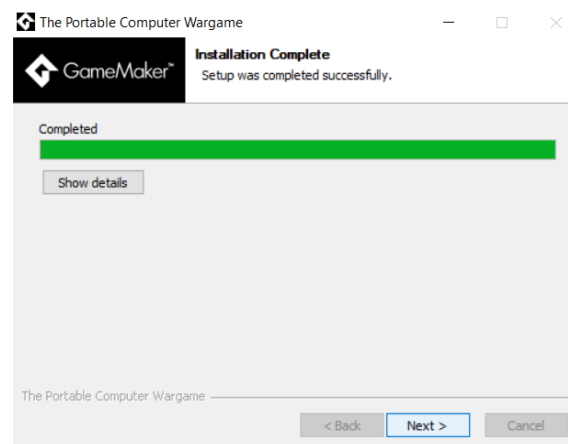


Figura 90: Proceso de instalación

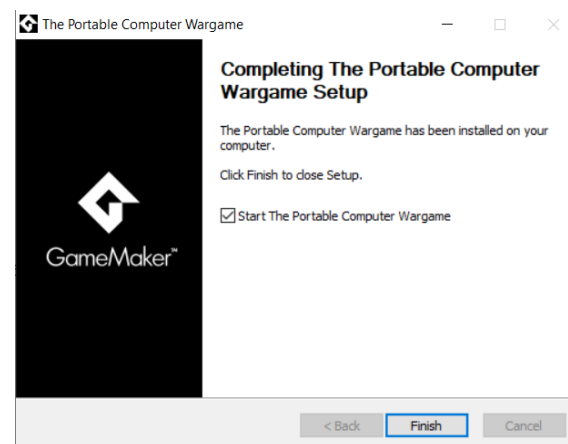


Figura 91: Pantalla de instalación finalizada

Anexo B: manual de usuario

En este manual describimos todas las acciones que puede tomar el jugador, así como una explicación básica de las reglas del juego.

1. Menú Principal

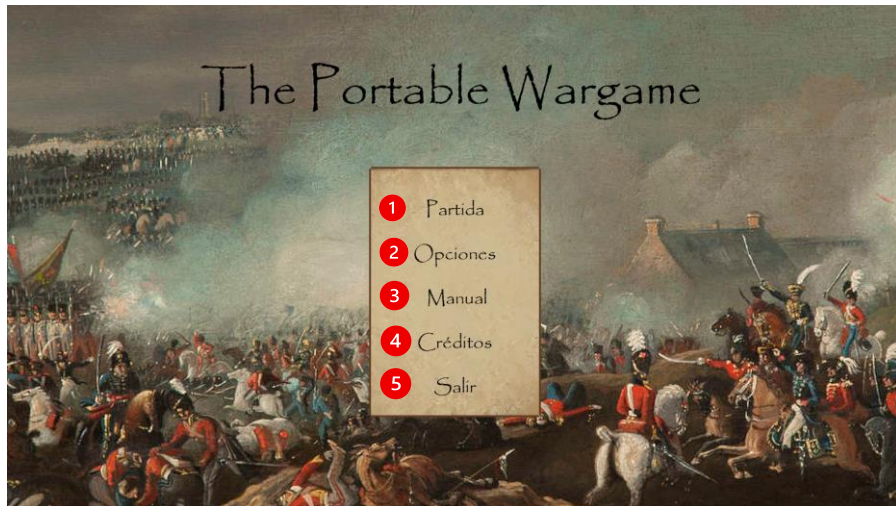


Figura 92: Menú principal

El menú principal es la primera pantalla que nos encontramos al iniciar el juego. Dentro del menú tenemos cinco opciones:

1. Partida. Aquí podremos iniciar una partida contra otro Jugador o contra el ordenador.
2. Opciones. Aquí podremos acceder a la configuración del juego.
3. Manual. Al hacer clic aquí se abrirá un documento externo en nuestro navegador con el reglamento avanzado del juego.
4. Créditos. Al hacer clic aquí se abrirá un documento externo en nuestro navegador con la sección de créditos.
5. Salir. Al hacer clic aquí se saldrá del juego.

2. Menú de partida



Figura 93: Menú de partida

El menú de partida nos permite elegir entre dos opciones:

1. Vs. Jugador. Esta opción iniciará una partida para enfrentarnos a otro jugador utilizando un solo ordenador. También es una buena opción para que un Jugador se acostumbre a los controles manejando ambos equipos.
2. Vs. CPU. Esta opción iniciará una partida para enfrentarnos a la máquina.

3. Menú de configuración

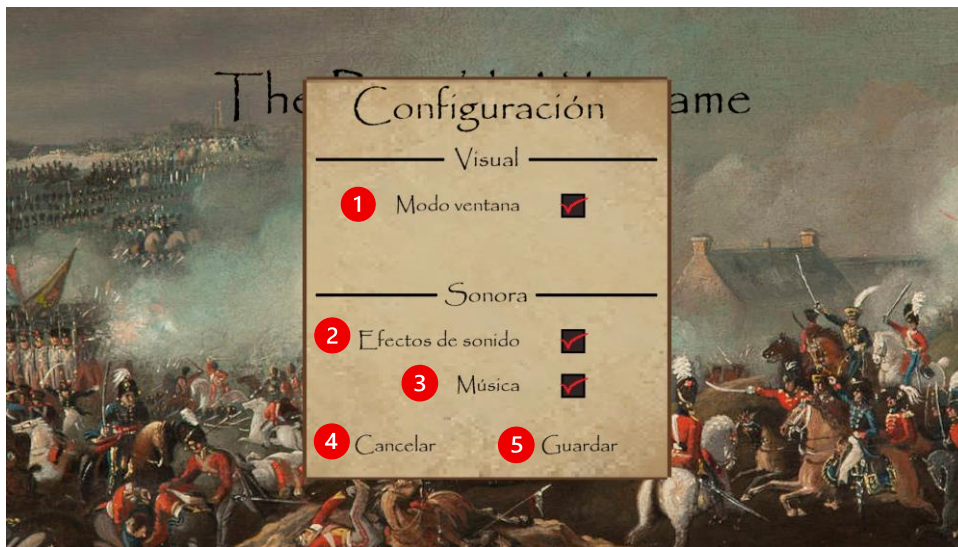


Figura 94: Menú de configuración

En menú de configuración es donde podemos elegir la configuración del juego.

1. La casilla “Modo ventana” nos permite cambiar entre el modo pantalla completa y el modo ventana completa.
2. La casilla “Efectos de sonido” nos permite activar o desactivar los efectos de sonido del juego.
3. La casilla “Música” nos permite activar o desactivar la música del juego.
4. El botón “Cancelar” descarta los cambios realizados y nos devuelve a la pantalla anterior.
5. El botón “Guardar” guarda los cambios realizados y nos devuelve a la pantalla anterior.

4. Menú de pausa



Figura 95: Menú de pausa

Se puede acceder a él pulsando la tecla “Esc” durante una partida. Ofrece las siguientes opciones:

1. Reanudar. Sale del menú de pausa y continúa la partida.
2. Opciones. Aquí podremos acceder a la configuración del juego.
3. Manual. Al hacer clic aquí se abrirá un documento externo en nuestro navegador con el reglamento avanzado del juego.
4. Salir de la partida. Al hacer clic aquí se saldrá de la partida y se volverá al menú principal.

5. Interfaz de partida



Figura 96: Interfaz de la partida

Estos son los elementos que podemos ver en la interfaz de la partida:

1. Barra de puntos de fuerza. Muestra los puntos de fuerza totales del equipo (en términos de un videojuego, la “vida” del equipo), dependiente de las unidades de tu equipo que todavía no han sido eliminadas.
2. Punto de agotamiento. Cuando los puntos de fuerza del equipo bajen hasta este punto, se acabará la partida. Es un tercio de los puntos de fuerza iniciales del equipo (truncados).
3. Recuadro de unidad. Muestra información acerca de la unidad seleccionada (o sobre la que se encuentra el cursor del ratón). Mv representa el movimiento de la unidad, Rng su rango de ataque.
4. Recuadro de terreno. Muestra información acerca del terreno de la casilla seleccionada (o sobre la que se encuentra el cursor del ratón).
5. Unidad. Pieza del juego controlada por el Jugador (si pertenece a su equipo). Representa un grupo de soldados con una especialidad específica, o al comandante del equipo. Una unidad tiene un valor de movimiento, un valor de rango de ataque y otras características adicionales.
6. Terreno. Una casilla con terreno tiene una características especiales según el tipo de terreno que sea.

6. Controles

Los controles del juego se basan en el uso de un ratón o touchpad.

- Para seleccionar una unidad, se pulsa clic izquierdo sobre ella.

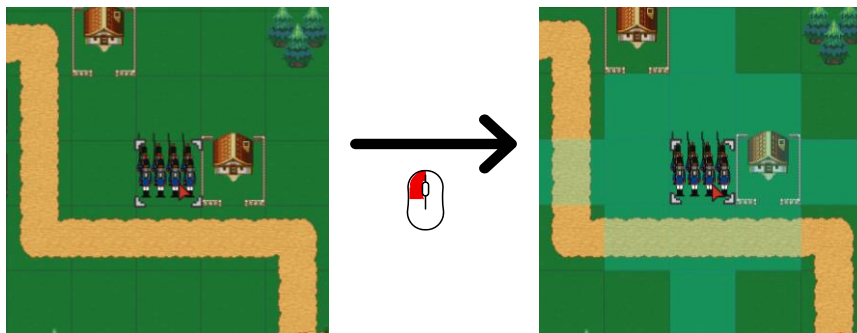


Figura 97: Controles para seleccionar unidad

- Para cancelar una jugada, se pulsa clic derecho en una casilla fuera de las opciones presentadas

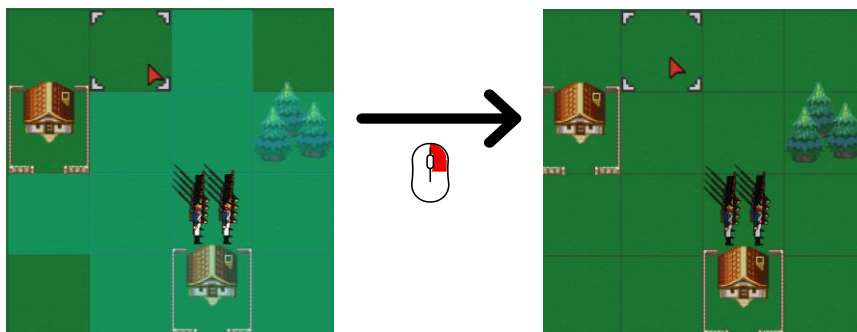


Figura 98: Controles para cancelar jugada

- Para mover una unidad seleccionada a una casilla, se hace clic derecho sobre la casilla a la que se quiere mover.

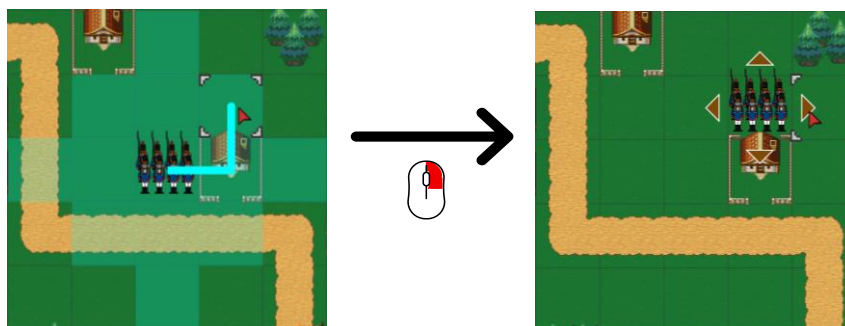


Figura 99: Controles para mover unidad

- Para elegir la orientación de una unidad tras moverla, se hace clic izquierdo o derecho sobre la flecha que apunta en la dirección deseada.

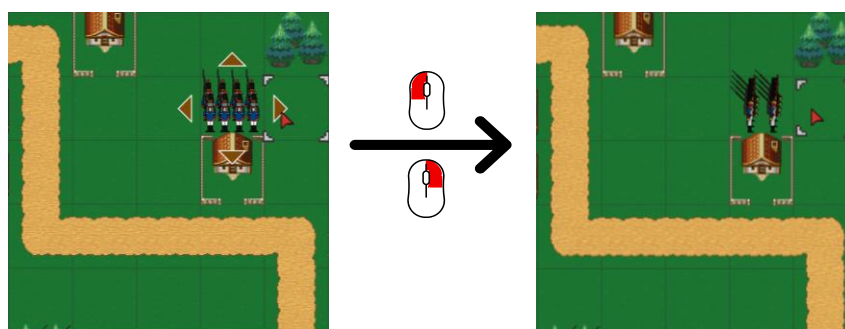


Figura 100: Controles para elegir orientación de la unidad

- Para atacar a una unidad enemiga con un ataque a distancia, tiro de artillería o carga, se hace clic derecho sobre la unidad enemiga.

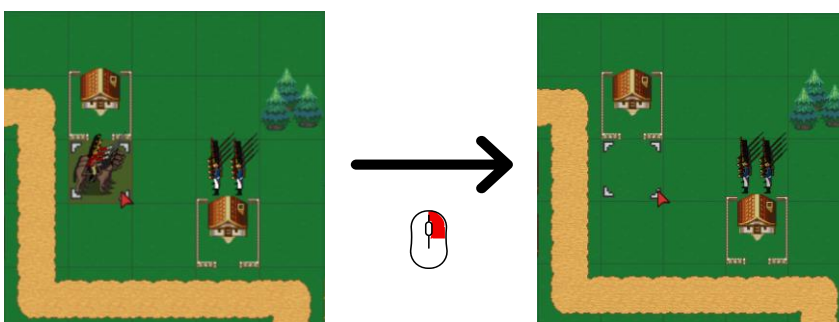


Figura 101: Controles de atacar a unidad

- Para acceder al menú de pausa durante la partida, se pulsa la tecla “Esc”.

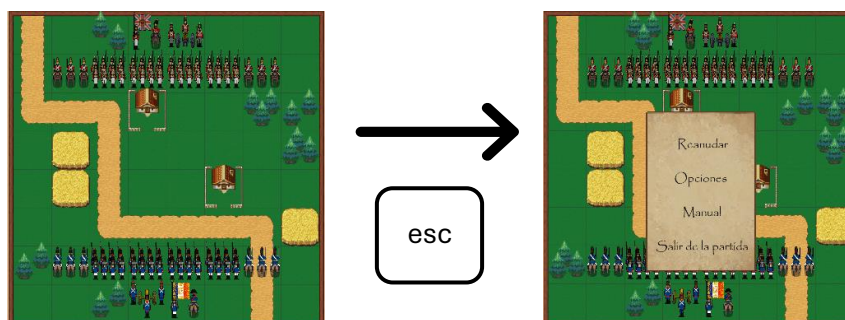


Figura 102: Controles para entrar en menú de pausa

7.5. Movimiento

Una unidad se puede mover hasta donde le permita su valor de movimiento. Normalmente moverse una casilla cuesta 1 punto de movimiento, pero también depende del terreno de las casillas.

Moverse a una casilla adyacente a la de una unidad enemiga obliga a la unidad a pararse y a girarse en dirección a la unidad enemiga. Si hay más de una unidad enemiga adyacente, se girará a una de las dos de forma aleatoria. Si no se mueve a una casilla adyacente a la de una unidad enemiga, tras el movimiento el jugador tendrá la opción de seleccionar la orientación de la unidad. La orientación no afecta a las opciones de movimiento.

Las casillas a las que se puede mover la unidad vienen resaltadas en azul.



Figura 104: Una línea azul traza por qué casillas pasa la unidad para moverse a su destino

7.6. Orientación

La orientación indica a dónde está mirando la unidad. Aquellas casillas adyacentes a la unidad que no están al frente de la unidad representan los flancos y la retaguardia de la unidad.

Si bien la orientación de la unidad no impide que pueda moverse en cualquier dirección, sí que afecta en qué dirección puede atacar. Además, la unidad es más vulnerable a cargas realizadas por su flanco y retaguardia.



Figura 105: Flechas para elegir la orientación de la unidad

7.7. Tirada

Dado que el videojuego está basado en un juego de guerra que usa dados, los resultados de los ataques se obtienen simulando la tirada de un dado. La probabilidad de éxito de la tirada puede verse afectada por efectos de terreno, el tipo de unidad y otras circunstancias en el tablero.

Todas las tiradas se hacen con un dado de seis caras.

7.8. Línea de visión

La línea de visión es una línea que indica si una unidad puede ver a otra. Para que una unidad atacante tenga línea de visión a un objetivo, se debe de poder trazar una línea imaginaria entre ambas unidades que no sea interrumpida por ninguna otra unidad, ni por ningún terreno que puede interrumpirla (bosques y casas).

Además, una unidad atacante no puede tener línea de visión a un objetivo si dicho objetivo está fuera de un ángulo de 90 grados con el vértice en la casilla de la unidad atacante y centrado en el frente de la unidad atacante.



Figura 106: Ángulo de 90 grados de visión ilustrado. La unidad azul puede disparar al enemigo de la izquierda, pero no al de arriba porque está fuera del ángulo de 90 grados

7.9. Ataque a distancia

Un ataque a distancia es un ataque dirigido a una unidad enemiga no adyacente. Una unidad puede atacar a casillas que estén a una distancia de su casilla igual o menor que su rango de ataque y que estén en su línea de visión.

Al realizar un ataque de distancia, primero se comprueba si el ataque acierta (dicha probabilidad depende de varias condiciones detalladas más adelante. Un ataque a distancia tiene mayor probabilidad de acertar si la unidad atacante no se ha movido en este turno.

En caso de acertar, se realizará el cálculo de daño. Si la unidad objetivo no supera la tirada, es eliminada y se sustrae 1 punto de fuerza (2 si el objetivo era un comandante) del equipo de la unidad eliminada. Si supera la tirada, la unidad objetivo es empujada una casilla (si la casilla siguiente ya está ocupada, se trata como si hubiese fallado la tirada y es eliminada).

Las casillas con unidades enemigas a las que se puede atacar vienen resaltadas en rojo.

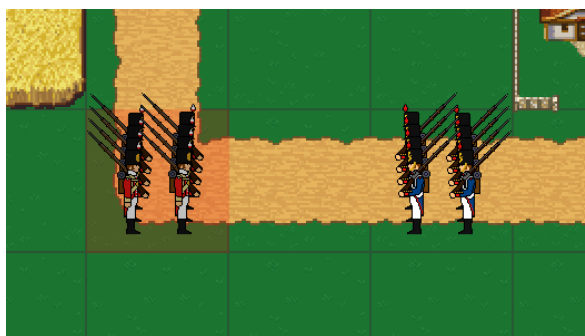


Figura 107: Ataque a distancia

7.10. Carga

Una carga es un ataque realizado a una unidad enemiga adyacente a la unidad atacante. La unidad enemiga debe estar en frente de la unidad atacante.

Al realizar una carga, se realiza el cálculo de daño tanto para el atacante como para el objetivo, con las mismas reglas descritas en la sección del ataque a distancia.

Si se realiza una carga a una unidad enemiga desde su flanco o retaguardia, esta tendrá mayores dificultades para superar la tirada del cálculo de daño.



Figura 108: Carga a enemigo

7.11. Tiro de artillería

El tiro de artillería es un tipo especial de ataque a distancia. Para empezar, la unidad de artillería no necesita tener línea de visión a su objetivo, aunque sí que debe estar mirando en la dirección del objetivo. Si tiene línea de visión al objetivo, tiene mayores probabilidades de acertar.

Las casillas con objetivos a los que no se tiene línea de visión vienen resaltadas en amarillo.

Además, el tiro de artillería puede desviarse a la casilla posterior o anterior al objetivo, pudiendo incluso disparar a una unidad aliada. Para la unidad sobre la que cae el tiro de artillería se realiza el cálculo de daño de la misma manera que para un ataque a distancia normal.

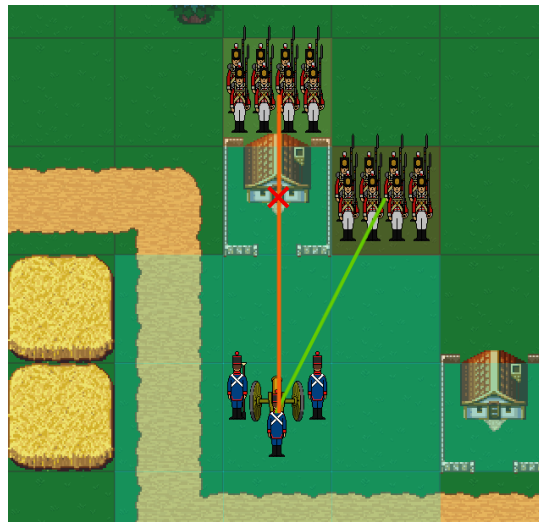


Figura 109: La unidad de artillería tiene línea de visión a la unidad enemiga de la derecha, pero no a la que está encima de la casa. Aun así puede disparar a ambas

8. Tipos de unidad

8.1. Infantería

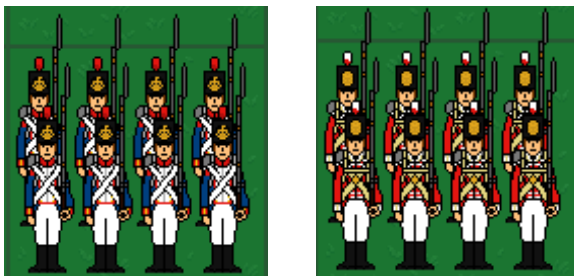


Figura 110: Unidad de infantería

- Movimiento: 2
- Rango de ataque: 2
- Información adicional: ninguna

8.2. Caballería

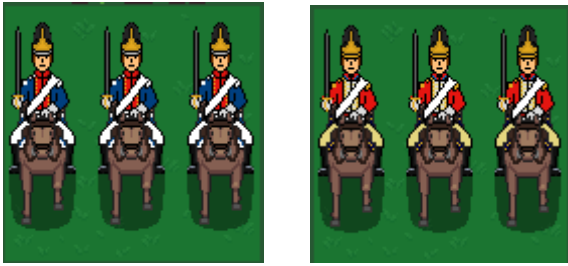


Figura 111: Unidad de caballería

- Movimiento: 3
- Rango de ataque: 2
- Información adicional: es la unidad que mejor sobrevive a las cargas.

8.3. Artillería

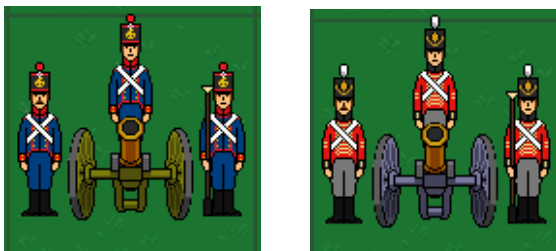


Figura 112: Unidad de artillería

- Movimiento: 2
- Rango de ataque: 2
- Información adicional:
 - Solo puede moverse o atacar en su turno, no los dos.
 - Puede disparar a tropas incluso si no tiene línea de visión a ellas, pero tener línea de visión mejora la probabilidad de acertar el tiro.
 - Su ataque a distancia puede desviarse a la casilla anterior o posterior al objetivo.
 - Es particularmente débil a las cargas.

8.4. Comandante

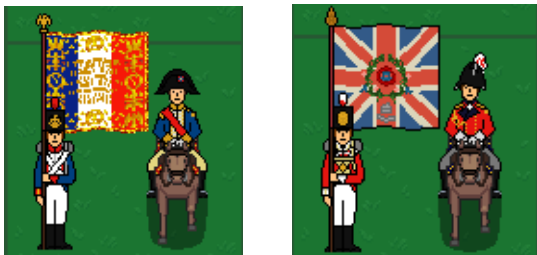


Figura 113: Unidad comandante

- Movimiento: 3
- Rango de ataque: 0
- Reglas especiales:
 - No puede atacar a distancia ni realizar cargas.
 - Mejorar las probabilidades de sobrevivir ataques y acertar ataques a distancia de las unidades aliadas adyacentes.
 - Vale 2 puntos de fuerza en vez de 1.

9. Tipos de terreno

9.1. Bosque



Figura 114: Terreno bosque

- Bloquea la línea de visión
- Ofrece cobertura (es más difícil acertar un ataque contra una unidad que está en esta casilla).
- Entrar en una casilla con bosque gasta todo el movimiento restante de la unidad.
- No se puede hacer un ataque a distancia desde una casilla con bosque.

9.2. Casa



Figura 115: Terreno casa

- Bloquea la línea de visión
- Ofrece cobertura (es más difícil acertar un ataque contra una unidad que está en esta casilla).

9.3. Camino

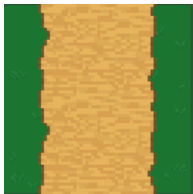


Figura 116: Terreno camino

- Si una unidad realiza todo su movimiento a lo largo de un camino (incluyendo la casilla inicial) puede moverse 1 casilla extra a lo largo de dicho camino.

9.4. Cultivos



Figura 117: Terreno cultivos

- Entrar en una casilla de movimiento cuesta el doble de lo normal (2 puntos de movimiento en vez de 1).

Anexo C: Créditos

- Reglamento actualizado y completo “**The Portable Wargame**” - Bob Cordery
https://www.wargamevault.com/product/396592/The-Portable-Wargame?language=es&filters=40007_40101_40007_0_0_0_0_0_0
- Reglamento gratuito “**The Portable Wargame**” - Bob Cordery
http://www.users.dircon.co.uk/~warden/portable_wargame/PWSquared/PW19C%20Squared.pdf
- Sprites:
 - Textura de papel de menús (editados) - CurlyBug Games
<https://curlybuggames.itch.io/paper-themed-gui-pack>
 - Sprite de cursor - KabGames
<https://kaboff.itch.io/mouse-cursors-pack>
 - Borde del tablero (editado) - ToffeecraftMedievalUIPack
<https://toffeecraft.itch.io/ui-user-interface-medieval>
 - Tileset de hierba (color editado) - cainos
<https://cainos.itch.io/pixel-art-top-down-basic>
 - Sprites de árboles, casa y caminos (editados) - SSCAP Discord Server
<https://markyjoe1990.itch.io/community-made-srpg-tileset-32x32>
 - Sprites de disparo de artillería - Sentient Dream Games
<https://sentient-dream-games.itch.io/pixel-effects-explosions-pack-01>
 - Sprites caballo (editados, dos fuentes) - bluecarrot16 (original) / AntumDeluge (versión mejorada), J.Bignell (otros sprites de caballería)
<https://opengameart.org/content/lpc-horses-rework>
<http://opengameart.org/content/lpc-horses>
<https://www.juniorgeneral.org/index.php/figure/designer/J.%20Bignell>
 - Sprites unidades (editados) - J. Bignell
<https://www.juniorgeneral.org/index.php/figure/designer/J.%20Bignell>
 -

- Sprite cultivos (editado) - Daniel Eddeland
<https://opengameart.org/content/lpc-farming-tilesets-magic-animations-and-ui-elements>
- Ilustración de fondo del menú (recortada) - La Batalla de Waterloo, William Sadler
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Battle_of_Waterloo_%28by_William_Sadler_II%29.jpg
- Logo de bandera británica
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flag_of_the_United_Kingdom_\(3-5\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flag_of_the_United_Kingdom_(3-5).svg)
- Logo de bandera francesa
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flag_of_France.svg
- Sonido:
 - Efecto de sonido de clic en menú - OxidVideos
https://pixabay.com/users/razvan_-37598254/
 - Efectos de sonido de disparos - BBC sound effects
<https://sound-effects.bbcrewind.co.uk/>
 - Música del menú - La victoire est à nous, BetaRecords
https://www.youtube.com/watch?v=y_AcXedQl6A