**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

|  |  |
| --- | --- |
| Dibujo1PortadaPFC.jpg | Dibujo2PortadaPFC.jpg |

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Versión digital del juego Hanamikoji utilizando redes neuronales

|  |  |
| --- | --- |
| **Vº Bº del director del**  **Proyecto** | **DIRECTOR: Vicente García Diaz**  **AUTOR:**  **Samuel Moreno Vincent** |

*Agradecimientos*

Quiero mostrar mi grandísimo agradecimiento a las personas que me han apoyado durante toda carrera y han contribuido a que llegue hasta aquí.

Gracias a mi familia, a mis padres que siempre me animaron a seguir adelante, aunque me costase, y a mi hermano y a Victoria por estar siempre ahí para cualquier cosa.

Gracias a mis compañeros de carrera: Antonio Muñoz, Santi Rangel, Santy Vargas, Manu Mateos, Manu Valencia, Trivi, Diego González, Miguel Torres, Emmanuel y Álvaro Baños. Vuestra ayuda ha sido un elemento importantísimo para hacer un poco menos dura esta experiencia.

Gracias a mis compañeros de aventuras: Pedro Juan, Jesús, Masaaki, Sibila, Marta Rasines, Sibila, Angeloso, Lucía, Marta Aroba, Isma, Calesio, Yandru, Tomás, Darisee y Alexis. Gracias a vosotros estos años han sido mucho más llevaderos.

*Resumen*

El trabajo consiste en una versión en digital del juego de mesa Hanamikoji, en el que el jugador se enfrenta a una inteligencia artificial entrenada usando una red neuronal que aprende a jugar usando aprendizaje profundo. Para ello se ha implementado la lógica del juego en Python y se le suministrará a la librería de Python TensorFlow, en la que se programará la red neuronal. De manera que llegue a tener un nivel suficiente como para llegar a ser un reto para el jugador.

*Palabras Clave*

Inteligencia artificial, Redes neuronales, Redes neuronales convolucionales, TensorFlow, Juegos de mesa, Hanamikoji.

Índice General

[Capítulo 1. Memoria del Proyecto 12](#_Toc105246643)

[1.1 Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto 12](#_Toc105246644)

[1.1.1 Motivaciones 12](#_Toc105246645)

[1.1.2 Objetivos y Alcance del Proyecto 13](#_Toc105246646)

[1.2 Resumen de Todos los Aspectos 13](#_Toc105246647)

[Capítulo 2. Introducción 15](#_Toc105246648)

[2.1 Objetivos del Proyecto 15](#_Toc105246649)

[2.2 Evaluación de alternativas tecnológicas 15](#_Toc105246650)

[2.2.1 Relativas a la inteligencia artificial 15](#_Toc105246651)

[2.2.2 Relativas a la interfaz gráfica de usuario 16](#_Toc105246652)

[Capítulo 3. Aspectos Teóricos 17](#_Toc105246653)

[3.1 Hanamikoji 17](#_Toc105246654)

[3.1.1 Descripción y objetivo del juego original 17](#_Toc105246655)

[3.1.2 Reglas del juego original 18](#_Toc105246656)

[3.1.3 Cambio de nomenclatura 22](#_Toc105246657)

[3.2 Inteligencia Artificial y Redes neuronales 23](#_Toc105246658)

[3.2.1 Machine Learning 23](#_Toc105246659)

[3.2.2 Redes neuronales 23](#_Toc105246660)

[3.2.3 Redes neuronales convolucionales 24](#_Toc105246661)

[Capítulo 4. Planificación del Proyecto y Presupuesto 26](#_Toc105246662)

[4.1 Planificación 26](#_Toc105246663)

[4.2 Presupuesto 28](#_Toc105246664)

[4.2.1 Coste de personal 28](#_Toc105246665)

[4.2.2 Coste de la compra de hardware 28](#_Toc105246666)

[4.2.3 Costes indirectos 28](#_Toc105246667)

[4.2.4 Desarrollo de Presupuesto Interno 29](#_Toc105246668)

[4.2.5 Desarrollo de Presupuesto Del Cliente 31](#_Toc105246669)

[Capítulo 5. Análisis 32](#_Toc105246670)

[5.1 Determinación del Alcance del Sistema 32](#_Toc105246671)

[5.1.1 Módulo de la red neuronal 32](#_Toc105246672)

[5.1.2 Módulo de interfaz 32](#_Toc105246673)

[5.1.3 Módulo de controladores 33](#_Toc105246674)

[5.2 Requisitos del Sistema 33](#_Toc105246675)

[5.2.1 Obtención de los Requisitos del Sistema 33](#_Toc105246676)

[5.2.2 Identificación de Actores del Sistema 36](#_Toc105246677)

[5.2.3 Especificación de Casos de Uso 37](#_Toc105246678)

[5.3 Identificación de los Subsistemas en la Fase de Análisis 40](#_Toc105246679)

[5.3.1 Descripción de los Subsistemas 40](#_Toc105246680)

[5.3.2 Descripción de los Interfaces entre Subsistemas 40](#_Toc105246681)

[5.4 Diagrama de Clases Preliminar del Análisis 41](#_Toc105246682)

[5.4.1 Diagrama de Clases 41](#_Toc105246683)

[5.4.2 Descripción de las Clases 42](#_Toc105246684)

[5.5 Análisis de Interfaces de Usuario 45](#_Toc105246685)

[5.5.1 Descripción de la Interfaz 45](#_Toc105246686)

[5.5.2 Descripción del Comportamiento de la Interfaz 46](#_Toc105246687)

[Capítulo 6. Diseño del Sistema 48](#_Toc105246688)

[6.1 Arquitectura del sistema: Vista de bloques de construcción 48](#_Toc105246689)

[6.1.1 Nivel 1 49](#_Toc105246690)

[6.1.2 Nivel 2 50](#_Toc105246691)

[6.1.3 Nivel 3 50](#_Toc105246692)

[6.2 Descripción detallada de las clases 54](#_Toc105246693)

[6.2.1 Controladores 54](#_Toc105246694)

[6.2.2 Red Neuronal 61](#_Toc105246695)

[6.2.3 Interfaz Gráfica 62](#_Toc105246696)

[6.2.4 Ficheros de parametrización y configuración 64](#_Toc105246697)

[6.3 Vista de tiempo de ejecución 66](#_Toc105246698)

[6.3.1 Opciones 66](#_Toc105246699)

[6.3.2 Ciclo de una partida 66](#_Toc105246700)

[6.4 Diseño de la Red Neuronal 69](#_Toc105246701)

[6.4.1 Transformación de información en datos utilizables por la red neuronal 69](#_Toc105246702)

[6.4.2 Preprocesamiento de datos 71](#_Toc105246703)

[6.4.3 Definición de las capas de la red neuronal 71](#_Toc105246704)

[6.4.4 Procesamiento del resultado 73](#_Toc105246705)

[6.5 Diseño de la Interfaz 74](#_Toc105246706)

[6.5.1 Acciones del adversario 75](#_Toc105246707)

[6.5.2 Guerreras, armas usadas y favor 75](#_Toc105246708)

[6.5.3 Acciones del jugador 76](#_Toc105246709)

[6.5.4 Mano del jugador 77](#_Toc105246710)

[6.5.5 Acción elegida 78](#_Toc105246711)

[6.5.6 Botón de aceptar 79](#_Toc105246712)

[6.5.7 Pantalla de información final 79](#_Toc105246713)

[Capítulo 7. Implementación del Sistema 80](#_Toc105246714)

[7.1 Estándares y Normas Seguidos 80](#_Toc105246715)

[7.1.1 Arquitectura de N-capas 80](#_Toc105246716)

[7.1.2 Estándar de mensajería CSV 82](#_Toc105246717)

[7.2 Lenguajes de Programación 82](#_Toc105246718)

[7.2.1 Python 82](#_Toc105246719)

[7.3 Herramientas y Programas Usados para el Desarrollo 83](#_Toc105246720)

[7.3.1 Anaconda 83](#_Toc105246721)

[7.3.2 Spyder 83](#_Toc105246722)

[7.3.3 Sourcetree 84](#_Toc105246723)

[7.3.4 Gimp 84](#_Toc105246724)

[7.4 Creación del Sistema 85](#_Toc105246725)

[7.4.1 Problemas Encontrados 85](#_Toc105246726)

[7.4.2 Descripción Detallada de las Clases 87](#_Toc105246727)

[Capítulo 8. Desarrollo de las Pruebas 88](#_Toc105246728)

[8.1 Pruebas Unitarias 88](#_Toc105246729)

[8.1.1 Pruebas del controlador del Bot 88](#_Toc105246730)

[8.1.2 Pruebas del controlador de la Red Neuronal 91](#_Toc105246731)

[8.1.3 Pruebas del controlador del Tablero 94](#_Toc105246732)

[8.2 Pruebas de Integración y del Sistema 100](#_Toc105246733)

[8.2.1 Pruebas para los Casos de uso para el Usuario Jugador 100](#_Toc105246734)

[8.2.2 Pruebas para los Casos de uso para el encargado del entrenamiento 102](#_Toc105246735)

[8.3 Pruebas de Rendimiento 103](#_Toc105246736)

[8.3.1 Rendimiento en generación de datos 103](#_Toc105246737)

[8.3.2 Rendimiento en entrenamiento de la red neuronal 103](#_Toc105246738)

[8.3.3 Rendimiento en la ejecución de las pruebas 104](#_Toc105246739)

[8.3.4 Rendimiento en la respuesta de la red neuronal 104](#_Toc105246740)

[Capítulo 9. Manuales del Sistema 105](#_Toc105246741)

[9.1 Despliegue del entorno 105](#_Toc105246742)

[9.2 Ejecución y configuración 105](#_Toc105246743)

[9.3 Manual de Usuario 107](#_Toc105246744)

[9.3.1 Elementos del tablero 107](#_Toc105246745)

[9.3.2 Comportamiento del tablero 114](#_Toc105246746)

[9.4 Manual del Programador 116](#_Toc105246747)

[Capítulo 10. Conclusiones y Ampliaciones 117](#_Toc105246748)

[10.1 Conclusiones 117](#_Toc105246749)

[10.2 Ampliaciones 118](#_Toc105246750)

[10.2.1 Nuevo entrenamiento con datos obtenido de jugadas realizadas por jugadores humanos 118](#_Toc105246751)

[10.2.2 Nuevo modo de entrenamiento con redes neuronales adversarias 118](#_Toc105246752)

[10.2.3 Nuevo diseño de la red neuronal 118](#_Toc105246753)

[10.2.4 Ampliación del alcance de la aplicación: Uso de servicios web 119](#_Toc105246754)

[Capítulo 11. Planificación final del Proyecto 120](#_Toc105246755)

[11.1 Cambio en los grupos de tareas 120](#_Toc105246756)

[11.2 Tiempos reales dedicados 120](#_Toc105246757)

[11.3 Comparativa y conclusiones 121](#_Toc105246758)

[Capítulo 12. Referencias Bibliográficas 122](#_Toc105246759)

[12.1 Referencias relacionadas con el juego Hanamikoji 122](#_Toc105246760)

[12.2 Referencias relacionadas a las redes neuronales 122](#_Toc105246761)

[12.3 Referencias relacionadas al diseño y herramientas 123](#_Toc105246762)

[Capítulo 13. Apéndices 124](#_Toc105246763)

Índice de Figuras

[Ilustración 3.1 - Ejemplo de preparación del tablero 18](#_Toc105246583)

[Ilustración 3.2 - Ejemplo de acción de regalo 20](#_Toc105246584)

[Ilustración 3.3 - Ejemplo de acción de competición 20](#_Toc105246585)

[Ilustración 3.4 - Ejemplo de fin del juego 21](#_Toc105246586)

[Ilustración 3.5 - Ejemplo de red neuronal 24](#_Toc105246587)

[Ilustración 3.6 - Ejemplo de operación de convolución 25](#_Toc105246588)

[Ilustración 3.7 - Ejemplo de operación de max-pooling 25](#_Toc105246589)

[Ilustración 4.1 - Diagrama de planificación 27](#_Toc105246590)

[Ilustración 5.1 - Casos de uso: Usuario Jugador 37](#_Toc105246591)

[Ilustración 5.2 - Descripción del caso de uso: Encargado del Entrenamiento 39](#_Toc105246592)

[Ilustración 5.3 - Diagrama de clases 41](#_Toc105246593)

[Ilustración 5.4 - Primer esbozo (a mano) de la interfaz 45](#_Toc105246594)

[Ilustración 5.5 – Segundo esbozo (ya en digital) de la interfaz 46](#_Toc105246595)

[Ilustración 6.1 - Vista en bloques completa 48](#_Toc105246596)

[Ilustración 6.2 - Vista en bloques de nivel 1 49](#_Toc105246597)

[Ilustración 6.3 - Vista en bloques de nivel 2 50](#_Toc105246598)

[Ilustración 6.4 - Vista en bloques de nivel 3 50](#_Toc105246599)

[Ilustración 6.5 - Detalle del módulo de controladores de la vista en bloques de nivel 3 51](#_Toc105246600)

[Ilustración 6.6 - Detalle del módulo de la red neuronal de la vista en bloques de nivel 3 52](#_Toc105246601)

[Ilustración 6.7 - Detalle del módulo de la interfaz gráfica de la vista en bloques de nivel 3 53](#_Toc105246602)

[Ilustración 6.8 - Descripción del fichero ParametrosCNN 64](#_Toc105246603)

[Ilustración 6.9 - Descripción del fichero ParametrosDatos 64](#_Toc105246604)

[Ilustración 6.10 - Descripción del fichero ParametrosGUI 64](#_Toc105246605)

[Ilustración 6.11 - Descripción del fichero ParametrosImagenes 65](#_Toc105246606)

[Ilustración 6.12 - Descripción del fichero ParametrosMenu 65](#_Toc105246607)

[Ilustración 6.13 - Descripción del fichero ParametrosTablero 65](#_Toc105246608)

[Ilustración 6.14 - Diagrama de flujo de una partida 68](#_Toc105246609)

[Ilustración 6.15 - Ejemplo de interfaz de usuario 74](#_Toc105246610)

[Ilustración 6.16 - Ejemplo de acciones del adversario sin utilizar 75](#_Toc105246611)

[Ilustración 6.17 - Ejemplo de acciones del adversario utilizadas 75](#_Toc105246612)

[Ilustración 6.18 - Ejemplo de visualización de las guerreras 75](#_Toc105246613)

[Ilustración 6.19 - Ejemplo de guerrera con el favor del adversario 76](#_Toc105246614)

[Ilustración 6.20 - Ejemplo de guerrera con el favor del jugador 76](#_Toc105246615)

[Ilustración 6.21 - Ejemplo de acciones del jugador sin utilizar 76](#_Toc105246616)

[Ilustración 6.22 - Ejemplo de acciones del jugador utilizadas 77](#_Toc105246617)

[Ilustración 6.23 - Ejemplo de acciones del jugador bloqueadas 77](#_Toc105246618)

[Ilustración 6.24 - Ejemplo de mano del jugador con todas las cartas disponibles 77](#_Toc105246619)

[Ilustración 6.25 - Ejemplo de mano del jugador con cartas seleccionadas 77](#_Toc105246620)

[Ilustración 6.26 - Ejemplo de mano del jugador bloqueada 78](#_Toc105246621)

[Ilustración 6.27 - Ejemplo de acción elegida 78](#_Toc105246622)

[Ilustración 6.28 - Ejemplo de acción de decisión 78](#_Toc105246623)

[Ilustración 6.29 - Ventana de información de resultado 79](#_Toc105246624)

[Ilustración 7.1 - Representación del modelo de n-capas de la aplicación 80](#_Toc105246625)

[Ilustración 7.2 - Logotipo del programa Anaconda 83](#_Toc105246626)

[Ilustración 7.3 - Logotipo del programa Spyder 83](#_Toc105246627)

[Ilustración 7.4 - Logotipo del programa Sourcetree 84](#_Toc105246628)

[Ilustración 7.5 - Logotipo del programa Gimp 84](#_Toc105246629)

[Ilustración 9.1 - Apariencia de la aplicación Spyder en Anaconda 105](#_Toc105246630)

[Ilustración 9.2 - Imagen de la ventana de la aplicación 107](#_Toc105246631)

[Ilustración 9.3 - Sección del favor de las guerreras 108](#_Toc105246632)

[Ilustración 9.4 - Relación entre guerreras y armas 109](#_Toc105246633)

[Ilustración 9.5 - Sección de los marcadores de las armas usadas 109](#_Toc105246634)

[Ilustración 9.6 - Sección de las acciones del adversario 110](#_Toc105246635)

[Ilustración 9.7 - Ejemplo de acción sin usar 110](#_Toc105246636)

[Ilustración 9.8 - Ejemplo de acción usada 110](#_Toc105246637)

[Ilustración 9.9 - Sección de las acciones del jugador 111](#_Toc105246638)

[Ilustración 9.10 - Sección de las cartas de la mano del jugador 112](#_Toc105246639)

[Ilustración 9.11 - Sección de la acción actual 113](#_Toc105246640)

[Ilustración 9.12 - Ejemplo de acción de selección 115](#_Toc105246641)

[Ilustración 11.1 - Comparación de planificación inicial y final 121](#_Toc105246642)

Índice de Tablas

[Tabla 4.1 - Tareas de la planificación 26](#_Toc105246530)

[Tabla 4.2 - Costes indirectos 29](#_Toc105246531)

[Tabla 4.3 - Presupuesto completo del desarrollo del proyecto 29](#_Toc105246532)

[Tabla 4.4 - Partida completa 30](#_Toc105246533)

[Tabla 4.5 - Partida simplificada 31](#_Toc105246534)

[Tabla 5.1 - Requisitos funcionales de la red neuronal 33](#_Toc105246535)

[Tabla 5.2 - Requisitos funcionales del usuario 34](#_Toc105246536)

[Tabla 5.3 - Requisitos funcionales del sistema 35](#_Toc105246537)

[Tabla 5.4 - Requisitos no funcionales 35](#_Toc105246538)

[Tabla 5.5 - Descripción del caso de uso: Seleccionar acción 37](#_Toc105246539)

[Tabla 5.6 - Descripción del caso de uso: Cambiar acción seleccionada 38](#_Toc105246540)

[Tabla 5.7 - Descripción del caso de uso: Seleccionar cartas 38](#_Toc105246541)

[Tabla 5.8 - Descripción del caso de uso: Enviar acción 38](#_Toc105246542)

[Tabla 5.9 - Descripción del caso de uso: Seleccionar cartas acción pendiente 38](#_Toc105246543)

[Tabla 5.10 - Descripción del caso de uso: Generar datos de prueba 39](#_Toc105246544)

[Tabla 5.11 - Descripción del caso de uso: Entrenar modelo 39](#_Toc105246545)

[Tabla 5.12 - Clase Entrenamiento 42](#_Toc105246546)

[Tabla 5.13 - Clase Predicción 42](#_Toc105246547)

[Tabla 5.14 - Clase Controlador Partida 43](#_Toc105246548)

[Tabla 5.15 - Clase Controlador Tablero 43](#_Toc105246549)

[Tabla 5.16 – Clase Controlador Bot 43](#_Toc105246550)

[Tabla 5.17 - Clase Controlador Red Neuronal 44](#_Toc105246551)

[Tabla 5.18 - Clase Controlador Jugador 44](#_Toc105246552)

[Tabla 5.19 - Clase GUI 44](#_Toc105246553)

[Tabla 6.1 - Leyenda común a todas las vistas 49](#_Toc105246554)

[Tabla 6.2 - Descripción de la clase ControladorPartida 55](#_Toc105246555)

[Tabla 6.3 - Descripción de la clase ControladorTablero 57](#_Toc105246556)

[Tabla 6.4 - Descripción de la clase ControladorBot 58](#_Toc105246557)

[Tabla 6.5 - Descripción de la clase ControladorJugador 58](#_Toc105246558)

[Tabla 6.6 - Descripción de la clase ControladorRedNeuronal 60](#_Toc105246559)

[Tabla 6.7 - Descripción de la clase ControladorGeneradorDatos 60](#_Toc105246560)

[Tabla 6.8 - Descripción de la clase Entrenamiento 61](#_Toc105246561)

[Tabla 6.9 - Descripción de la clase Prediccion 62](#_Toc105246562)

[Tabla 6.10 - Descripción de la clase GUI\_Tkinter 63](#_Toc105246563)

[Tabla 6.11 - Descripción de la clase Popup\_Tkinter 64](#_Toc105246564)

[Tabla 8.1 - Pruebas para el método: seleccionar acción 89](#_Toc105246565)

[Tabla 8.2 - Pruebas para el método: seleccionar acción selección 90](#_Toc105246566)

[Tabla 8.3 - Pruebas para el método: seleccionar acción 92](#_Toc105246567)

[Tabla 8.4 - Pruebas para el método: seleccionar acción selección 93](#_Toc105246568)

[Tabla 8.5 - método: crear tablero 94](#_Toc105246569)

[Tabla 8.6 - Pruebas para el método: iniciar ronda 94](#_Toc105246570)

[Tabla 8.7 - Pruebas para el método: vista del tablero 96](#_Toc105246571)

[Tabla 8.8 - Pruebas para el método: robar carta 97](#_Toc105246572)

[Tabla 8.9 - Pruebas para el método: realizar acción 99](#_Toc105246573)

[Tabla 8.10 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar acción 100](#_Toc105246574)

[Tabla 8.11 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada 100](#_Toc105246575)

[Tabla 8.12 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar cartas 101](#_Toc105246576)

[Tabla 8.13 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Enviar acción 101](#_Toc105246577)

[Tabla 8.14 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente 102](#_Toc105246578)

[Tabla 8.15 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Generar datos de prueba 102](#_Toc105246579)

[Tabla 8.16 - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Entrenar modelo 102](#_Toc105246580)

[Tabla 11.1 - Resultado de la transformación de la planificación inicial 120](#_Toc105246581)

[Tabla 11.2 - Planificación con tiempos finales 120](#_Toc105246582)

# Memoria del Proyecto

En este capítulo se va a mostrar un resumen de los puntos más importantes del proyecto, tanto del proyecto completo como de la documentación presente.

## Resumen de la Motivación, Objetivos y Alcance del Proyecto

En este apartado se van a ver un resumen de los puntos de la finalidad del proyecto en su conjunto.

### Motivaciones

Las motivaciones para realizar el proyecto son las siguientes.

#### Aprender más a cerca de redes neuronales

Dado el auge actual de la inteligencia artificial y el uso de las redes neuronales en muchos ámbitos de la informática, es una motivación obtener un conocimiento y experiencia en este campo, tanto para tener una base para futuros proyectos como para tener una visión más especifica y práctica.

#### Uso de lenguajes de programación en los que se tiene menos experiencia

Durante la carrera se han visto lenguajes de programación como Java, JavaScript, C y C++ dejando de lado otros lenguajes de programación interesantes. En este caso, y aprovechando su uso en redes neuronales, se ha decidido utilizar el lenguaje de programación Python, que es muy utilizado en ciertas ramas científicas, de ingeniería y de investigación y puede ser muy útil en caso de trabajar en una de esas ramas en un futuro.

#### Implementación de un juego de cartas en versión digital

Es una motivación personal la realización de juegos en versión digital, en este caso el desarrollo de un juego de mesa conocido a nivel personal por haberlo jugado con anterioridad.

#### Buscar patrones ganadores dentro del juego de cartas

Una de las motivaciones por la que elegir este juego de cartas en específico es la búsqueda de patrones que puedan llevar a un jugador a obtener la victoria en el juego con mayor facilidad. Por ello el uso de inteligencia artificial y redes neuronales supone una elección perfecta para este objetivo.

### Objetivos y Alcance del Proyecto

El objetivo principal del proyecto es conseguir una versión digital del juego de cartas Hanamikoji. Al ser un juego de dos jugadores, el usuario jugará contra una inteligencia artificial, de manera que se desarrollará una aplicación de escritorio con una interfaz gráfica sencilla que permita una interacción rápida con la red neuronal.

## Resumen de Todos los Aspectos

Capítulo 1. Memoria del Proyecto: Contiene un resumen de los puntos más importantes del proyecto, tanto del proyecto completo como de la documentación presente.

Capítulo 2. Introducción: Se describe brevemente los objetivos del proyecto y las alternativas que se tuvieron en cuenta antes de comenzarlo.

Capítulo 3. Aspectos Teóricos: Se describe los principales conceptos, herramientas y tecnologías existentes que se van a usar en el proyecto.

Capítulo 4. Planificación del Proyecto y Presupuesto: Se describe la planificación en la que se estimará la duración de las tareas y se hará un reparto de estas, así como un presupuesto de cuánto costará realizar el proyecto.

Capítulo 5. Análisis: Se describe la documentación de todos los puntos realizados del análisis del sistema, los cuales se utilizarán para la realización del diseño.

Capítulo 6. Diseño del Sistema: Se describe el diseño final del sistema.

Capítulo 7. Implementación del Sistema: Se describen estándares, lenguajes de programación, herramientas y programas utilizados para la implementación del sistema, así como el proceso de creación.

Capítulo 8. Desarrollo de las Pruebas: Se describe el diseño y resultado de las pruebas realizadas.

Capítulo 9. Manuales del Sistema: Se describen los manuales de despliegue, ejecución, para el usuario y el programador.

Capítulo 10. Conclusiones y Ampliaciones: Se explican las conclusiones de realizar el proyecto y posibles aplicaciones.

Capítulo 11. Planificación final del Proyecto: Se describe la planificación final realizada y su comparativa con la inicial.

Capítulo 12. Referencias Bibliográficas: Se describen las referencias que se han utilizado para la realización del proyecto.

Capítulo 13. Apéndices: Se describen los diferente apéndices incluidos en la documentación.

# Introducción

En este capítulo se va a describir brevemente los objetivos del proyecto y las alternativas que se tuvieron en cuenta antes de comenzarlo.

## Objetivos del Proyecto

El principal objetivo del proyecto es aprender más a cerca de las redes neuronales y su aplicación en diferentes campos, en este caso en un juego de mesa. Además, se escogió un juego de mesa con azar para poder ver el comportamiento de una red neuronal dentro de este campo.

## Evaluación de alternativas tecnológicas

En lo que respecta a la inteligencia artificial, actualmente está en auge el uso de redes neuronales convolucionales para el tratamiento de imágenes ya que son capaces de reconocer patrones lo que las hace tener una gran versatilidad.

Ya que el juego de mesa estaba claro desde un inicio, solo quedaban dos grandes decisiones a tomar, que tipo de inteligencia artificial se iba a usar y que tipo de interfaz gráfica de usuario se iba a implementar

### Relativas a la inteligencia artificial

Tras el estudio inicial de los sistemas de inteligencia artificial con redes neuronales se

#### Redes neuronales convolucionales

Estas redes neuronales se basan en tomar una matriz de datos que representa una imagen y pasarla por capas de transformación convolucional (de ahí su nombre) que buscan patrones en las imágenes y pueden predecir que objetos hay en la imagen.

Esta es una gran opción para la aplicación ya que se puede transformar la información del juego en una matriz de datos que simule una imagen y así poder utilizar las propiedades de la red neuronal convolucional para “predecir” el resultado de la jugada que se debe realizar.

El inconveniente es la gran cantidad de datos necesarios para entrenarla, algo que se tendrá en cuenta más adelante.

Esta fue la alternativa que se eligió.

#### Redes neuronales adversarias

Estas redes neuronales consisten en enfrentar a dos redes neuronales, normalmente con objetivos contrarios, por ejemplo, una red generadora de imágenes y una red encargada de saber si estas imágenes son reales o generadas.

Esta opción no resulta tan interesante como la anterior ya que requiere encontrar una función que describa cuan buena es una acción realizada por la red neuronal y esto solo puede ser descrito al finalizar la partida.

### Relativas a la interfaz gráfica de usuario

En esta sección se van a contemplan las alternativas que de barajaron para crear la interfaz de usuario de la aplicación.

#### Servicios Web

En un principio se planteó la posibilidad de implementar la aplicación como un servicio web, por lo que la interfaz gráfica sería implementada en algún framework web. Esta idea fue desechada ya que llevaría demasiado tiempo hacer esta implementación y no es el objetivo del trabajo.

#### Pygame

Una vez que se decidió utilizar Python para la red neuronal por la cantidad de librerías existentes en este campo, una opción lógica era utilizar otra librería para realizar la interfaz gráfica. En un principio se pensó utilizar Pygame, que es una librería para realizar videojuegos en Python. Sin embargo, una vez que se empezó la implementación con esta librería se descartó ya que está más enfocada en el uso de elementos móviles por la pantalla, y al ser la aplicación un tablero de juego inmóvil resultaba ineficiente programar la interfaz con Pygame.

#### Tkinter

Al final se optó por utilizar Tkinter, que es una librería gráfica de Python. Aunque no esté pensada para ser usada específicamente en juegos y resultó un poco engorrosa de utilizar dio un buen resultado.

# Aspectos Teóricos

Este capítulo está destinado a describir brevemente los principales conceptos, herramientas y tecnologías existentes que vamos a usar en nuestro proyecto.

## Hanamikoji

Aquí vamos a ver las reglas del juego original Hanamikoji en el que se ha basado el proyecto y los cambios de nomenclatura que se hicieron para personalizarlo para este caso en específico.

### Descripción y objetivo del juego original

Bienvenido a la calle de Geishas mejor conocida de la antigua capital, Hanamikoji.

Las Geishas, las agraciadas mujeres que dominan elegantemente el arte, la música, la danza, y toda una variedad de representaciones artísticas tras años de aprendizaje, son ampliamente respetadas y adoradas. Geisha podría traducirse como “artista” y con sus bailes y canciones entretienen a todo el mundo.

En Hanamikoji, dos jugadores compiten por conseguir el favor de las siete mejores Geishas coleccionando los objetos representativos con los que tienen mayor talento. Con cada cuidadosa apuesta y en ocasiones algunos movimientos audaces, puedes obtener los objetos esenciales regalando los menos significativos. ¿Podrás superar a tu oponente y ganar más favores de las Geishas?

#### Objetivo del juego

En Hanamikoji el objetivo del juego es ganar el Favor de 4 Geishas u 11 (o más) Puntos de Carisma.

Tú y tu oponente os turnáis realizando acciones para conseguir distintas clases de Cartas de Objeto. Por cada Geisha, si tienes más Cartas de Objeto que tu oponente del tipo correspondiente, ganas el Favor de la Geisha.

El juego continuará hasta que uno de los jugadores alcance el objetivo de victoria en la Fase de Puntuación.

### Reglas del juego original

Este es un extracto de Hanamikoji - Reglas del juego de cartas - Happy Meeple que son las reglas que vienen en la caja física del juego.

#### Componentes del juego

7 cartas de Geisha con sus respectivos 7 marcadores de victoria, que representan el a quien deben su favor las Geishas.

8 marcadores de acción, que representan las 4 acciones de cada jugador y si han sido o no utilizadas.

21 cartas de objeto, que estarán en el mazo de robo, pasarán a la mano un jugador y se utilizarán para realizar las acciones.

#### Preparación

1. Coloca 7 Cartas de Geisha en una fila, en el siguiente orden de izquierda a derecha, entre los jugadores.
2. Coloca 1 Marcador de Victoria en el centro de cada Carta de Geisha.
3. Apila las Cartas de Objeto boca abajo en un mazo y colócalo a un lado.
4. Cada jugador coge 4 Marcadores de Acción del mismo color con el lado coloreado hacia arriba y los coloca frente a él.
5. El jugador más joven es el jugador inicial.



Ilustración 3.1 - Ejemplo de preparación del tablero

#### Secuencia de Juego

El juego se desarrolla durante una o varias rondas. Cada ronda consiste en 3 fases en el siguiente orden:

* Fase 1: Reparto
* Fase 2: Acción
* Fase 3: Puntuar y Actualizar

Si cualquier jugador consigue el objetivo de victoria en la fase de Puntuar, el juego finaliza inmediatamente. Si ningún jugador consigue el objetivo de victoria, el juego prosigue a la siguiente ronda. El juego continuará hasta que alguno de los jugadores gane.

##### Fase 1: Reparto

El jugador inicial baraja las 21 Cartas de Objeto y las apila boca abajo, y al azar retira 1 carta del mazo y la devuelve a la caja del juego sin mirarla. Esta carta no se usará en esta ronda. Ningún jugador tiene permitido revisarla.

Reparte a cada jugador 6 Cartas de Objeto para conformar su mano, que se mantendrá oculta.

Apila el resto de “Cartas de Objeto” boca abajo como “Mazo de Objetos” y colócalo a un lado de la fila de Cartas de Geisha.

##### Fase 2: Acción

Empezando por el jugador inicial, los jugadores se alternan en turnos (Jugador A -> Jugador B -> Jugador A -> Jugador B -> Etcétera) hasta que ambos jugadores hayan realizado 4 turnos.

En tu turno, debes coger una carta del Mazo de Objetos y realizar una acción.

Cuando realizas una acción, escoges 1 de tus Marcadores de Acción del lado colorado y realizas la correspondiente acción. Tras resolverla, coloca boca abajo el marcador. No puedes usar marcadores boca abajo (los marcadores de acción de cada jugador se podrán usar una sola vez por ronda.

Hay 4 acciones en Hanamikoji:

###### Secreto

Escoge una carta de tu mano y colócala boca abajo debajo del Marcador de Acción usado (Secreto). Esta carta se revelará en la Fase de Puntuar y se puntuará.

Puedes revisar esta carta en cualquier momento.

###### Renuncia

Imagen que contiene caja, alimentos

Descripción generada automáticamente Escoge 2 cartas de tu mano y colócalas boca abajo frente a ti, debajo del Marcador de Acción usado (Renuncia). Estas cartas no puntuarán en esta ronda.

Puedes revisar estas cartas en cualquier momento.

###### Regalo

Imagen que contiene taza

Descripción generada automáticamente Escoge 3 cartas de tu mano y colócalas boca arriba frente a ti.

Tu oponente escoge 1 de esas cartas y la coloca en su lado junto a la correspondiente Geisha. Tú colocas las otras 2 cartas en tu lado junto a la(s) correspondiente(s) Geisha(s). Estas cartas puntuarán.

Imagen de la pantalla de un celular con texto e imágenes

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 3.2 - Ejemplo de acción de regalo

###### Una caja de cartón Descripción generada automáticamente con confianza bajaCompetición

Escoge 4 cartas de tu mano y colócalas boca arriba frente a ti. Divídelas en dos grupos, cada uno con 2 cartas.

Tu oponente escoge 1 grupo y coloca las 2 cartas en su lado junto a la(s) correspondiente(s) Geisha(s). Tú colocas las otras 2 cartas en tu lado junto a la(s) correspondiente(s) Geisha(s). Estas cartas puntuarán.

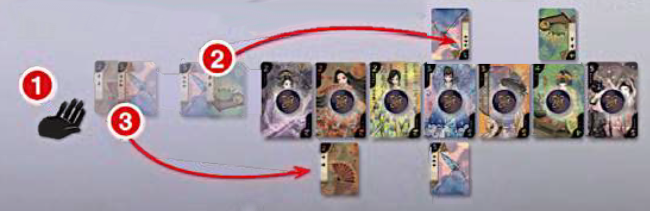


Ilustración 3.3 - Ejemplo de acción de competición

##### Fase 3: Puntuar y Actualizar

Después de que ambos jugadores hayan realizado 4 acciones, el juego prosigue a la Fase 3.

Los jugadores revelan la carta debajo del Marcador de Acción (Secreto) y la colocan en su lado junto a la correspondiente Geisha. Compara el número de Cartas de Objeto en ambos lados de cada Geisha.

- Un lado tiene más cartas que el otro: El lado con más Cartas de Objeto gana el Favor de la Geisha. Mueve el Marcador de Victoria al lado vencedor.

- Ambos lados empatan o no hay cartas: No se mueve el Marcador de Victoria.

Tras puntuar, los jugadores calculan el número de Geishas cuyo Favor han ganado y suman sus Puntos de Carisma. Si algún jugador alcanza el objetivo de victoria, el juego finaliza inmediatamente (ver Finalización del Juego).

Si ningún jugador consigue el objetivo de victoria, se procede a Actualizar:

- Recoge TODAS las Cartas de Objeto de la mesa y de la caja, apílalas boca abajo en un mazo y colócalo a un lado.

- Los Marcadores de Victoria permanecerán en su lugar. Nota: No los devuelvas al centro de cada Carta de Geisha.

- Los jugadores colocan boca arriba sus Marcadores de Acción.

- El segundo jugador se convierte en el jugador inicial.

- La siguiente ronda está lista para empezar.

#### Finalización del Juego



Ilustración 3.4 - Ejemplo de fin del juego

Si algún jugador gana el Favor de 4 Geishas u 11 (o más) Puntos de Carisma, el juego finaliza.

Si un único jugador alcanza el objetivo de victoria, es el vencedor.

Si un jugador gana el Favor de 4 Geishas y el otro gana 11 (o más) Puntos de Carisma, éste último vence.

### Cambio de nomenclatura

Para darle un toque más personal al proyecto y poder cambiarle la estética, se ha decidido hacer un cambio de nomenclatura en alguno de los términos:

**Hanamikoji**: Pasa a llamarse **El Favor de las Guerreras**

**Cartas de Geisha**: Pasan a llamarse Cartas de guerreras o **Guerreras**

**Cartas de Objeto**: Pasan a llamarse Cartas de armas o **Armas**

## Inteligencia Artificial y Redes neuronales

A continuación, vamos a ver la definición de algunos términos importantes para entender en qué consisten las redes neuronales.

### Machine Learning

Para entender el término *Redes neuronales* primero hay que tener claro que significa el concepto de *Machine Learning. Machine Learning* es un campo de investigación y desarrollo dentro del campo de la inteligencia artificial cuyo objetivo es proporcionar a los ordenadores la capacidad de aprender sin ser explícitamente programados, para ello se desarrollan algoritmos que permitan encontrar patrones para a partir de unos datos construir un modelo que pueda predecir y clasificar elementos.

Existen tres grandes categorías dentro del [*Machine Learning*](https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/#Inteligencia_artificial_Machine_Learning_y_Deep_Learning):

* **Aprendizaje supervisado**: Cuando los datos de entrenamiento vienen etiquetados previamente con la solución deseada o esperada.
* **Aprendizaje no supervisado**: El conjunto de datos de entrenamiento está etiquetado con la solución deseada y será el propio sistema el encargado de generarla.
* **Aprendizaje por refuerzo**: El sistema actuará como agente que deberá explorar un espacio desconocido y será premiado o castigado en función de sus acciones, creando así la mejor estrategia posible.

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo final del *Machine Learning* es generar un modelo que nos permita hacer predicciones, por lo que se pueden identificar dos fases fundamentales en el uso de esta tecnología:

* **Fase de entrenamiento**: Es aquella en el que el modelo se entrena mediante una de las categorías de aprendizaje mencionadas para generar un modelo predictivo.
* **Fase de predicción**: Es aquella en la que se utiliza el modelo generado para inducir resultados para datos nuevos de los que no conocemos la solución.

### **Redes neuronales**

Las redes neuronales son un caso específico de [*Machine Learning*](https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/#Inteligencia_artificial_Machine_Learning_y_Deep_Learning)en el que el modelo generado consiste en una estructura de datos en forma de grafo dirigido en el que los nodos son llamados neuronas y estas se agrupan en diferentes capas o [*layers*](https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/#Inteligencia_artificial_Machine_Learning_y_Deep_Learning).

Dentro de estas capas podemos diferenciar tres tipos básicos. La capa de entrada, que recibe los datos de entrada. La capa de salida, que devuelve la predicción realizada. Y las capas intermedias o capas ocultas que son las encargadas de realizar las operaciones necesarias para transformar la entrada en la predicción.

Dentro del concepto de neurona en las redes neuronales, es importante saber que consisten en nodos de información que se encargan de transformar los datos que les vienen de las neuronas de la capa anterior y devolver esta información a la capa siguiente. Esta transformación consiste en un conjunto de fórmulas matemáticas con ciertos valores, estos valores se irán cambiando durante el proceso de aprendizaje de manera que serán los últimos los que se guarden con el modelo para realizar las predicciones.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 3.5 - Ejemplo de red neuronal

### Redes neuronales convolucionales

Las redes neuronales convolucionales son un caso particular de redes neuronales especializadas en reconocimiento de patrones en imágenes, de manera que cada neurona de la capa de entrada representa un píxel de la imagen que va a analizar la red neuronal.

Estas redes neuronales se diferencian de las demás principalmente por utilizar capas de neuronas que realizan operaciones de *convolución* (de ahí su nombre) y de *pooling.*

En el caso de la aplicación a desarrollar en este proyecto se ha decidido utilizar este tipo de red neuronal ya que la entrada que tenemos es una matriz de información similar a una imagen en la que necesitamos encontrar patrones para conseguir la mejor jugada en cada caso.

#### Operación de convolución

A modo de resumen, las capas convolucionales se encargan de detectar características en zonas concretas de la imagen, como líneas, ángulos o ciertos colores.

Imagen que contiene Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 3.6 - Ejemplo de operación de convolución

Para realizar esta operación, se conectan un conjunto de neuronas correspondiente a un área de la capa de origen con una neurona de la capa destino, mapeando toda la matriz de la imagen tal y como se puede ver en la Ilustración 3.6 - Ejemplo de operación de convolución.

Como resultado, obtendríamos que las neuronas de la siguiente capa representan cada una característica de la zona correspondiente en la capa anterior.

#### Operación de pooling

En las redes neuronales convolucionales suele haber capas intermedias con la operación de pooling o capas de pooling. Estas capas sintetizan la información de una zona en un punto, para ello se utiliza la función max-pooling, que transforma el valor promedio de un conjunto de pixeles a su valor máximo, generando así las imágenes.

Por ejemplo, para la siguiente imagen se utiliza una operación de max-pooling de 2x2.

Imagen que contiene biombo, reloj

Descripción generada automáticamente

Ilustración 3.7 - Ejemplo de operación de max-pooling

Como resultado obtenemos una imagen más compacta en la que se remarcan más las características.

# Planificación del Proyecto y Presupuesto

Para poder llevar a cabo el proyecto de una manera ordenada se procede a realizar una planificación en la que se estimará la duración de las tareas y se hará un reparto de estas, así como un presupuesto de cuánto costará realizar el proyecto.

## Planificación

Para la realización del proyecto se han separado las tareas en 4 grandes grupos: Análisis y Diseño, Implementación, Pruebas y Documentación repartidos de la forma y con la duración que se muestra en la figura 4.1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Nombre de la tarea | Duración en horas |
|  | **Proyecto Completo** | **300** |
| **1** | **Análisis y Diseño** | **135** |
| 1.1 | Definición de Objetivos | 5 |
| 1.2 | Definición de Requisitos | 10 |
| 1.3 | Presupuesto | 5 |
| 1.4 | Aprender uso de GUI en Python | 20 |
| 1.5 | Aprender sobre el uso de redes neuronales | 50 |
| 1.6 | Redes neuronales aplicadas a juegos | 20 |
| 1.7 | Diseño de Interfaces | 10 |
| 1.8 | Diseño de Clases | 15 |
| **2** | **Implementación** | **85** |
| 2.1 | Módulo de Controlador | 25 |
| 2.2 | Módulo de Interfaz Gráfica | 20 |
| 2.3 | Módulo de Red Neuronal | 40 |
| **3** | **Pruebas** | **40** |
| 3.1 | Diseño de Pruebas | 5 |
| 3.2 | Pruebas Unitarias | 15 |
| 3.3 | Pruebas de Integración | 10 |
| 3.4 | Pruebas de Usabilidad | 5 |
| 3.5 | Pruebas de Accesibilidad | 5 |
| **4** | **Documentación** | **40** |
| 4.1 | Elaboración de la Documentación | 30 |
| 4.2 | Revisión de la Documentación | 10 |

Tabla . - Tareas de la planificación

Para poder distribuir las tareas de manera que se pudiese llegar a la fecha límite de entrega del trabajo se dividió el tiempo disponible entre las 300 horas del proyecto. La fecha límite es el día 14 de junio de 2021, y este se comenzaría la segunda semana de febrero, es decir, el 8 de febrero de 2021.

Entre estas fechas hay un total de 126 días. Como se decidió que se trabajarían todos los días de la semana por igual, para repartir las 300 hora en los 126 días habría que hacer un total de 2,38 horas al día. Para que fuese más fácil de cumplir y así además acabar antes y tener tiempo de sobra por si hubiese algún imprevisto se decidió trabajar un total de 2 hora y media cada día. Con este cálculo se prevé terminar el proyecto el día 4 de junio de 2021.

De esta forma y repatriando todas las tareas a una única persona con diferentes roles de manera consecutiva queda una planificación tal y como se muestra en el diagrama de la imagen 4.2

Gráfico

Descripción generada automáticamente

Ilustración 4.1 - Diagrama de planificación

## Presupuesto

El presupuesto se va a realizar calculando los costes de manera individual para poder crear el presupuesto interno, del cual se hará un resumen que conformará el presupuesto del cliente.

### Coste de personal

Para la elaboración del presupuesto y como se ha dicho anteriormente se contará con un único miembro en el personal que se ocupará de realizar las tareas con los diferentes perfiles profesionales, que serán los siguientes:

* **Arquitecto de Software**: Se encargará de las tareas de *1.5. Diseño de interfaces* y *1.6. Diseño de clases*. Con un sueldo anual de 45.000€ que corresponden a un coste salarial[[1]](#footnote-1) de 58.500€ anuales, tendría un coste total de 30,47€ la hora.
* **Analista de sistemas:** Se encargará de las tareas de *1.1. Definición de Objetivos, 1.2. Definición de Requisitos, 1.3. Presupuesto, 1.4. Investigación de Tecnologías existentes, y 4. Documentación.* Con un sueldo anual de 34.900€ que corresponden a un coste salaril1 de 45.370€ anuales, tendría un coste total de 23,63€ la hora.
* **Desarrollador:** Se encargará de las tareas de *2. Implementación*. Con un sueldo anual de 19.630€ que corresponden a un coste salarial1 de 25.519€, tendría un coste total de 13,29€ la hora.
* **Tester:** Se encargará de las tareas de *3. Pruebas*. Con un sueldo anual de 25.350€ que corresponden a un coste salarial1 de 32.955€ anuales, tendría un coste total de 17,16€ la hora.

### Coste de la compra de hardware

El coste de la compra de hardware es nulo ya que se trata de un proyecto íntegramente software.

### Costes indirectos

Para los costes indirectos hay que aclarar que el software a utilizar será sido software libre con la excepción de Windows 10 y el paquete de office incluidos en los costes de material de oficina. De esta manera los costes indirectos serían los siguientes:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Servicio** | **Tiempo de uso (Meses)** | **Coste por mes** | **Coste total** |
| Consumo de electricidad | 4 | 50,00 € | 200,00 € |
| Gastos de Internet | 4 | 50,00 € | 200,00 € |
| Gastos de material de oficina | 4 | 20,00 € | 80,00 € |

Tabla . - Costes indirectos

Con un total de 480,00 €

### Desarrollo de Presupuesto Interno

A continuación, se detalla el presupuesto completo del desarrollo del proyecto con los datos que se han especificado anteriormente para poder calcular el coste total. Cabe aclarar que el valor de la columna de total es, para las tareas compuesta de subtareas, la suma de las subtareas en las que se descompone y aparecen justo debajo en la tabla, de manera que siguen la estructura mostrada en la figura 4.1 en el [apartado 4.1](#_Planificación_Inicial).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Cantidad** | **Unidades** | **Participantes** | **Coste por hora** | **Subtotal** | **Total** |
| **Proyecto Completo** | **300** | **horas** |  |  |  | **6.122,30 €** |
| **Análisis y Diseño** | **135** | horas |  |  |  | **3.361,05 €** |
| Definición de Objetivos | 5 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 118,15 € |  |
| Definición de Requisitos | 10 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 236,30 € |  |
| Presupuesto | 5 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 118,15 € |  |
| Aprender uso de GUI en Python | 20 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 472,60 € |  |
| Aprender sobre el uso de redes neuronales | 50 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 1.181,50 € |  |
| Redes neuronales aplicadas a juegos | 20 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 472,60 € |  |
| Diseño de Interfaces | 10 | horas | Arquitecto software | 30,47 € | 304,70 € |  |
| Diseño de Clases | 15 | horas | Arquitecto software | 30,47 € | 457,05 € |  |
| **Implementación** | **85** | **horas** |  |  |  | **1.129,65 €** |
| Módulo de Controlador | 25 | horas | Desarrollador | 13,29 € | 332,25 € |  |
| Módulo de Interfaz Gráfica | 20 | horas | Desarrollador | 13,29 € | 265,80 € |  |
| Módulo de Red Neuronal | 40 | horas | Desarrollador | 13,29 € | 531,60 € |  |
| **Pruebas** | **40** | **horas** |  |  |  | **686,40 €** |
| Diseño de Pruebas | 5 | horas | Tester | 17,16 € | 85,80 € |  |
| Pruebas Unitarias | 15 | horas | Tester | 17,16 € | 257,40 € |  |
| Pruebas de Integración | 10 | horas | Tester | 17,16 € | 171,60 € |  |
| Pruebas de Usabilidad | 5 | horas | Tester | 17,16 € | 85,80 € |  |
| Pruebas de Accesibilidad | 5 | horas | Tester | 17,16 € | 85,80 € |  |
| **Documentación** | **40** | **horas** |  |  |  | **945,20 €** |
| Elaboración de la Documentación | 30 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 708,90 € |  |
| Revisión de la Documentación | 10 | horas | Analista de sistemas | 23,63 € | 236,30 € |  |

Tabla . - Presupuesto completo del desarrollo del proyecto

Para el cálculo del presupuesto detallado se han tenido en cuenta los siguientes datos.

* El **coste total** es de 6.122,30 €
* La **compra del hardware** supone un coste de 0€
* Se ha decidido obtener un **beneficio esperado** del 25%
* Los **costes indirectos** son 480,00 €

Esto supone que queremos obtener un **beneficio esperado** de 1.530,58 €. Por lo que la factura final (sumando el coste total, la compra del hardware, el beneficio esperado y los costes indirectos) ha de ser de 8.132,88 €. Para alcanzar esta cifra debemos dividir la diferencia entre todas las tareas programadas en la partida, siendo una cantidad para dividir de 2.010,58 €, que supone un incremento del 33%.

Para la realización del presupuesto simplificado se han decidido ocultar algunos costes de la partida, de manera que la partida quedaría de la siguiente manera:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Partida** | **Coste** | **Total** |
| **Análisis y Diseño** |  | 4.464,83 € |
| Definición de Objetivos | 156,95 € |  |
| Definición de Requisitos | 313,90 € |  |
| Presupuesto | 156,95 € |  |
| Investigación de Tecnologías existentes | 2.825,11 € |  |
| Diseño de Interfaces | 404,76 € |  |
| Diseño de Clases | 607,15 € |  |
| **Implementación** |  | 1.500,63 € |
| Módulo de Controlador | 441,36 € |  |
| Módulo de Interfaz Gráfica | 353,09 € |  |
| Módulo de Red Neuronal | 706,18 € |  |
| **Pruebas** |  | 911,82 € |
| Diseño de Pruebas | 113,98 € |  |
| Pruebas Unitarias | 341,93 € |  |
| Pruebas de Integración | 227,95 € |  |
| Pruebas de Usabilidad | 113,98 € |  |
| Pruebas de Accesibilidad | 113,98 € |  |
| **Documentación** |  | 1.255,61 € |
| Elaboración de la Documentación | 941,70 € |  |
| Revisión de la Documentación | 313,90 € |  |

Tabla . - Partida completa

Leyenda de colores:

|  |
| --- |
| Se muestra al cliente |
| Se ha de diluir |
| No se muestra al cliente |

La cantidad para diluir suma un total de 4.708,52 €, que supone un incremento de la parte que se va a mostrar al cliente de un 138%.

### Desarrollo de Presupuesto Del Cliente

El presupuesto que se va a mostrar al cliente, habiendo diluido los costes que no se muestran entre los que si se muestran quedaría de la siguiente manera:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Partida** | **Coste** | **Total** |
| **Análisis y Diseño** |  | **2.403,30 €** |
| Diseño de Interfaces | 961,32 € |  |
| Diseño de Clases | 1.441,98 € |  |
| **Implementación** |  | **3.564,01 €** |
| Módulo de Controlador | 1.048,24 € |  |
| Módulo de Interfaz Gráfica | 838,59 € |  |
| Módulo de Red Neuronal | 1.677,18 € |  |
| **Pruebas** |  | **2.165,57 €** |
| Diseño e implementación de pruebas | 2.165,57 € |  |
|  |  |  |
| **Total** |  | **8.132,88 €** |

Tabla . - Partida simplificada

# Análisis

En este apartado se desarrollará la documentación de todos los puntos realizados del análisis del sistema, los cuales se utilizarán para la realización del diseño.

## Determinación del Alcance del Sistema

El objetivo principal del sistema consiste en una versión digital del juego de mesa Hanamikoji, en el que el jugador se enfrentará a una inteligencia artificial entrenada usando una red neuronal que aprenderá a jugar usando aprendizaje reforzado. Las reglas del juego están ya descritas por el juego original que fue publicado por primera vez en 2013 por Takamagahara en japonés y se pueden ver en la sección de Reglas del juego original, por lo que se respetarán dichas reglas modificando únicamente la apariencia y los nombres de los elementos para darles un diseño más adaptado al formato digital tal y como se describe en el apartado de Cambio de nomenclatura.

Para llevar a cabo esto la aplicación se separará en 3 módulos diferentes que formarán parte del mismo programa, comunicándose entre sí por medio de llamadas a los métodos públicos de las diferentes clases de cada módulo.

### Módulo de la red neuronal

Para la red neuronal contra la que se enfrentará el jugador se ha optado por una red neuronal convolucional tal y como se menciona en el apartado Redes neuronales convolucionales, para ello será necesario transformar la información que le llega a la red neuronal (que será el estado actual del tablero de juego) en una matriz que pueda ser interpretada por la red neuronal buscando patrones. Así mismo la información que salga de la red neuronal, al ser una red neuronal convolucional, será un vector de probabilidades, que deberá ser interpretado como una acción del juego.

Este módulo contendrá el diseño de la red neuronal convolucional, que será entrenada a partir de partidas generadas aleatoriamente de las cuales se tomarán los estados del tablero y las acciones que llevaron a una victoria. De esta manera la red neuronal aprenderá a generar acciones potencialmente ganadoras cuando reciba un estado del tablero.

### Módulo de interfaz

Para que el usuario pueda tener una experiencia al jugar con el juego similar a la que se obtiene al jugar con el juego de cartas original, el sistema debe ofrecerle una interfaz gráfica simple y fácil de usar. Consistirá en una única ventana en la que se muestre el estado actual del tablero de manera que el usuario pueda ver todos los elementos de un vistazo rápido, con la opción de seleccionar entre las jugadas disponibles para generar su acción de juego.

### Módulo de controladores

Ya que el Módulo de la red neuronal y el Módulo de interfaz reciben un estado del tablero y generan una acción, el módulo de controladores será el encargado integrar dicha acción con el estado actual del tablero para generar un nuevo tablero que se enviará al siguiente oponente. Además, se encargará de generar el tablero inicial y comprobar si el estado actual del tablero es de finalización y generar el resultado final de la partida.

## Requisitos del Sistema

En este capítulo se realiza la identificación de los requisitos del sistema, los actores y los casos de uso para su posterior uso en el diseño del sistema.

### Obtención de los Requisitos del Sistema

Aquí veremos los requisitos funcionales y no funcionales identificados.

#### Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales se agruparán en función de la parte de la aplicación a la que pertenezcan.

##### Módulo de la red neuronal

Módulo perteneciente a la red neuronal en el que se entrenará y usará la misma.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Código** | **Nombre Requisito** | **Descripción del Requisito** |
| R.F.1.1 | Entrenamiento del modelo | La red neuronal podrá entrenarse para generar un modelo entrenado. |
| R.F.1.1.1 | Preprocesamiento de los datos | La red neuronal recibirá un conjunto de datos de entrenamiento que deberá procesar para poder usarlos en la generación del modelo entrenado. |
| R.F.1.1.2 | Creación del modelo de la red neuronal | La red neuronal creará un modelo que será entrenado con los datos procesados. |
| R.F.1.1.3 | Generación y guardado del modelo entrenado | La red neuronal se entrenará con los datos procesados para generar el modelo entrenado y lo guardará para su futuro uso. |
| R.F.1.2 | Generar predicción | La red neuronal generará una predicción de una acción. |
| R.F.1.2.1 | Carga del modelo entrenado | La red neuronal cargará el modelo previamente entrenado para su uso en la predicción |
| R.F.1.2.2 | Generar predicción ganadora | La red neuronal usará el modelo entrenado para generar una acción ganadora. |

Tabla . - Requisitos funcionales de la red neuronal

##### Módulo de interfaz

Módulo que se ocupará de mostrar y recibir la información necesaria para el usuario.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Código** | **Nombre Requisito** | **Descripción del Requisito** |
| R.F.2.1 | Mostrar las acciones usadas | El usuario podrá ver que acciones han sido usadas en turnos anteriores, tanto propias como del adversario. |
| R.F.2.2 | Mostrar los marcadores de cada guerrera | El usuario podrá ver los marcadores de cada guerrera, tanto el marcador que indica a quien debe su favor esa guerrera como el número de cartas usadas en esa guerrera por cada jugador. |
| R.F.2.3 | Mostrar las cartas de la mano | El usuario podrá ver las cartas disponibles que tiene en su mano en todo momento. |
| R.F.2.4 | Crear acción a realizar | El usuario podrá crear la acción que desea realizar en el turno actual. |
| R.F.2.4.1 | Seleccionar acción | El usuario podrá seleccionar una acción dentro de las disponibles, mostrando claramente cuáles son las disponibles y las no disponibles. |
| R.F.2.4.2 | Mostrar acción seleccionada | El usuario podrá ver la acción que ha seleccionado. |
| R.F.2.4.3 | Cambiar la acción seleccionada | El usuario podrá cambiar la acción seleccionada antes del envío pulsando de nuevo en una de las acciones disponibles. |
| R.F.2.4.4 | Seleccionar cartas necesarias para la acción | El usuario podrá seleccionar las cartas dentro de las disponibles en su mano para completar la acción. No se podrá seleccionar dos veces la misma carta. |
| R.F.2.4.5 | Mostrar cartas seleccionadas | El usuario podrá ver las cartas que ha seleccionado junto a la acción seleccionada. |
| R.F.2.4.6 | Enviar acción una vez terminada la selección | El usuario podrá enviar la acción seleccionada para que sea añadida al tablero de juego. Solo se podrá enviar la acción una vez se haya seleccionado la acción y el número exacto de cartas para esa acción. |
| R.F.2.5 | Seleccionar cartas de la acción pendiente del adversario | El usuario podrá seleccionar la carta o cartas de la acción pendiente cuando el adversario haya seleccionado una acción que requiera esta selección. Una vez seleccionada dicha acción se podrá enviar para añadirla al tablero de juego. |

Tabla . - Requisitos funcionales del usuario

##### Módulo de controladores

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Código** | **Nombre Requisito** | **Descripción del Requisito** |
| R.F.3.1 | Creación de tablero inicial | El sistema creará el tablero inicial repartiendo las cartas iniciales en la mano de los jugadores y establecerá la configuración |
| R.F.3.2 | Añadir una acción al tablero | El sistema se encargará de integrar la información proveniente de los jugadores en el tablero de juego |
| R.F.3.3 | Repartir cartas nuevas | El sistema se encargará de repartir cartas a los jugadores simulando que roban una cada turno del mazo de cartas |
| R.F.3.4 | Generar datos de prueba | El sistema se encargará de generar los datos de prueba necesarios para el entrenamiento de la red neuronal. |

Tabla . - Requisitos funcionales del sistema

#### Requisitos no funcionales

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Código** | **Nombre Requisito** | **Descripción del Requisito** |
| R.N.F.1 | Generación de un log | Se realizará un seguimiento de la ejecución del programa guardándolo con un sistema de logs. |
| R.N.F.2 | Uso de Git | Para mantener un sistema de versiones se utilizará Git. |
| R.N.F.3 | Uso de TensorFlow | La red neuronal será diseñada usando la librería de TensorFlow. |
| R.N.F.4 | Uso de una red neuronal convolucional | Como modelo de la red neuronal se utilizará una red neuronal convolucional. |
| R.N.F.5 | Uso de Python | Todos los módulos de la aplicación serán programados usando Python. |
| R.N.F.6 | Guardado de datos de entrenamiento en CSV | El sistema de guardado de datos será mediante el uso de ficheros con formato CSV. |

Tabla . - Requisitos no funcionales

### Identificación de Actores del Sistema

Existe un único actor principal del sistema una vez entrenada la red neuronal, pudiendo contar como actor secundario al encargado de entrenarla, ya que se podrá configurar para que exista esta opción.

#### Actor principal: Usuario Jugador

El usuario jugador será el que interactúe con la aplicación con el objetivo de jugar partidas contra la red neuronal entrenada, de manera que usará la interfaz gráfica para interactuar con el tablero seleccionando las jugadas.

#### Actor secundario: Encargado del entrenamiento

Este actor será el que se ocupe del entrenamiento de la red neuronal. En principio solo sería necesario entrenarla una única vez, pero se deja la opción abierta de reentrenamiento, de manera que si en el futuro se consiguieran unos datos de entrenamiento más sólidos que los ofrecidos por la aplicación podrían usarse para generar nuevos valores para el modelo de la red neuronal.

### Especificación de Casos de Uso

A continuación, se describen los casos de usos identificados para los actores del sistema.

#### Casos de uso para el Usuario Jugador

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 5.1 - Casos de uso: Usuario Jugador

##### Caso de Uso: Seleccionar acción

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Seleccionar acción |
| **Descripción** | |
| El usuario podrá visualizar que acciones tiene disponibles y seleccionar una de ellas para poder crear la acción completa que será enviada. Una vez seleccionada la acción esta se mostrará en la zona de acción seleccionada. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Seleccionar acción

.

##### Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Cambiar acción seleccionada |
| **Descripción** | |
| El usuario podrá seleccionar una acción nueva (o la misma en caso de querer cambiar las cartas) una vez haya seleccionado una carta de manera que pueda modificarla las veces que necesite antes de enviarla. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Cambiar acción seleccionada

##### Caso de Uso: Seleccionar cartas

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Seleccionar cartas |
| **Descripción** | |
| El usuario podrá seleccionar desde su mano las cartas necesarias para completar la acción. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Seleccionar cartas

##### Caso de Uso: Enviar acción

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Enviar acción |
| **Descripción** | |
| El usuario podrá enviar la acción seleccionada. Esta opción solo estará disponible cuando el usuario haya seleccionado una acción dentro de las disponibles y haya seleccionado las cartas necesarias para realizar esa acción. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Enviar acción

##### Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Seleccionar cartas acción pendiente |
| **Descripción** | |
| El usuario podrá seleccionar las cartas de una acción que es del adversario y requiera su interacción. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Seleccionar cartas acción pendiente

#### Casos de uso para el encargado del entrenamiento

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 5.2 - Descripción del caso de uso: Encargado del Entrenamiento

##### Caso de Uso: Generar datos de prueba

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Generar datos de prueba |
| **Descripción** | |
| El encargado del entrenamiento podrá utilizar la aplicación para simular partidas de manera que se generen el número deseado de datos de prueba para que pueda entrenar al modelo. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Generar datos de prueba

##### Caso de Uso: Entrenar modelo

|  |
| --- |
| **Nombre del Caso de Uso** |
| Entrenar modelo |
| **Descripción** | |
| El encargado del entrenamiento podrá generar unos nuevos valores para el modelo entrenándolo con los datos que desee (en principio serán los generados en el caso de uso anterior), de manera que la aplicación quedará configurada para funcionar con esos nuevos valores a partir de ese momento. | |

Tabla . - Descripción del caso de uso: Entrenar modelo

.

## Identificación de los Subsistemas en la Fase de Análisis

En esta sección veremos las partes que componen los módulos del sistema desde un punto de vista de alto nivel.

### Descripción de los Subsistemas

A continuación, se veremos la descripción de los subsistemas.

**Pantallas de interacción:** Forman parte del módulo de interfaz, serán las encargadas de la interacción con el usuario jugador. Existirá una pantalla principal y pantallas pop-up auxiliares.

**Red neuronal**: Tal como dice su nombre, forma parte de fundamental del módulo de la red neuronal, será la encargada de generar las jugadas como adversario al usuario jugador.

**Ficheros**: Se usarán ficheros para el guardado de datos. En ellos se guardarán las jugadas necesarias para el entrenamiento de la red neuronal en formato CSV, y el modelo de la red neuronal en formato H5.

**Bot aleatorio**: Forma parte de módulo de controladores, sirve para generar jugadas aleatorias, que serán utilizadas para guardar las acciones que lleven a la victoria y así poder entrenar a la red neuronal.

**Generador de datos**: Forma parte del módulo de controladores, usa al Bot para generar una gran cantidad de partidas y guardar las accione que llevaron a la victoria.

**Procesamiento de la partida**: Forma parte del módulo de controladores, es la parte encargada de gestionar la partida y el tablero.

### Descripción de los Interfaces entre Subsistemas

El subsistema de procesamiento de la partida es el eje central de la aplicación, se comunica con el resto de los subsistemas con una interfaz común: tanto la red neuronal, la interfaz del jugador y el Bot tendrán un método llamado decidirAccion*,* que recibe un matiz con la situación actual del tablero y devuelve un vector con la acción realizada. Dentro del módulo de la red neuronal, la parte de entrenamiento se comunica con la parte de predicción mediante unos ficheros con el modelo y los pesos.

## Diagrama de Clases Preliminar del Análisis

En este apartado vamos a ver una primera aproximación al diagrama de clases. Es posible que el diagrama no se corresponda con exactitud al diagrama final de lo que se implementará.

### Diagrama de Clases

Como se puede observar en la imagen del diagrama de clases, este sigue la separación en los 3 módulos mencionados anteriormente. Las líneas de comunicación representan las clases que interaccionan entre ellas de manera directa, excepto la de la clase predicción con la clase de entrenamiento que se comunica mediante los ficheros del modelo y los pesos.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 5.3 - Diagrama de clases

### Descripción de las Clases

A continuación, se hará una breve descripción de los métodos de cada clase, así como de sus atributos.

#### Módulo de Red neuronal

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Entrenamiento |
| Descripción | |
| Esta clase contendrá la red neuronal convolucional, de manera que será la clase a la que se le pasan los datos de entrenamiento y genera el modelo entrenado para su posterior uso. | |
| Responsabilidades | |
| Generación del modelo y los valores del modelo. | |
| Atributos Propuestos | |
| **cnn**: Es la clase Sequential de Keras. Se usará para crear el modelo | |
| Métodos Propuestos | |
| **init**: Al ser una clase únicamente funcional, no tendrá métodos públicos, ya que se hará todo desde el constructor. | |

Tabla . - Clase Entrenamiento

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Predicción |
| Descripción | |
| Esta clase contendrá la red neuronal convolucional cargada de los archivos generados por la clase de entrenamiento y servirá para generar acciones para un tablero dado. | |
| Responsabilidades | |
| Carga del modelo y los valores para generación de acciones. | |
| Atributos Propuestos | |
| **cnn**: Es la clase Sequential de Keras. Se usará para cargar el modelo  **resultado:** Es el vector de salida generado por la red neuronal | |
| Métodos Propuestos | |
| **predecir:** Dada una entrada genera y guarda un resultado para ser consultado  **obtenerPrediccionCampo:** Dada la posición del campo y un vector de posibles valores, comprueba que valor ha devuelto la red neuronal con el método predecir | |

Tabla . - Clase Predicción

#### Módulo de Controladores

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Controlador Partida |
| Descripción | |
| Es la clase controladora de la partida, las rondas y la comunicación entre los demás controladores. | |
| Responsabilidades | |
| Controlar las rondas y comunicar las acciones entre los jugadores y el tablero | |
| Atributos Propuestos | |
| **Controlador Tablero:** Instancia del controlador del tablero  **Win:** Flag (bandera) para saber cuándo se ha terminado la partida y quien la ha ganado. | |
| Métodos Propuestos | |
| **Init:** Al ser la clase principal no necesita métodos públicos, todo será un único hilo de ejecución que arrancará cuando se cree la clase. | |

Tabla . - Clase Controlador Partida

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Controlador Tablero |
| Descripción | |
| Es la clase encargada de gestionar el tablero y el mazo de armas. | |
| Responsabilidades | |
| Gestión de acciones nuevas.  Reparto de cartas. | |
| Atributos Propuestos | |
| **Mazo de armas:**  Array con las cartas restantes en el mazo.  **Tablero:** Matriz con toda la información del tablero. | |
| Métodos Propuestos | |
| **Iniciar ronda:**  Para el inicio de cada ronda, reinicia el mazo de armas y reparte las cartas iniciales a cada jugador  **Jugador – Robar carta:** Roba una carta y se la da a un jugador  **Jugador – Vista del tablero:** Devuelve la matriz del tablero censurada para que solo se vea la información que puede ver el jugador que la pide.  **Jugador – Realizar acción:** El jugador realizar una acción, modificando el estado del tablero | |

Tabla . - Clase Controlador Tablero

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Controlador Bot |
| Descripción | |
| Simulador de jugador que realiza acciones correctas pero aleatorias. | |
| Responsabilidades | |
| Responder a un tablero con una acción aleatoria | |
| Atributos Propuestos | |
| **Mi nombre:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para identificarlos en los logs  **Mi número:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para saber el orden de juego | |
| Métodos Propuestos | |
| **Decidir acción:** Dado un estado del tablero genera una acción aleatoria correcta.  **Decidir acción de selección:** Dado un estado del tablero en el que hay que seleccionar una respuesta a una acción del adversario, genera dicha respuesta de manera aleatoria. | |

Tabla . – Clase Controlador Bot

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Controlador Red Neuronal |
| Descripción | |
| Clase controladora de la red neuronal que se encarga de realizar acciones usando la red neuronal entrenada. | |
| Responsabilidades | |
| Responder a un tablero con una acción generada por la red neuronal | |
| Atributos Propuestos | |
| **Mi nombre:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para identificarlos en los logs  **Mi número:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para saber el orden de juego  **Predicción:** Instancia de la clase predicción de la red neuronal para poder acceder a esta | |
| Métodos Propuestos | |
| **Decidir acción:** Dado un estado del tablero genera una acción usando la red neuronal.  **Decidir acción de selección:** Dado un estado del tablero en el que hay que seleccionar una respuesta a una acción del adversario, genera dicha respuesta usando la red neuronal. | |

Tabla . - Clase Controlador Red Neuronal

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Controlador Jugador |
| Descripción | |
| Clase controladora de la interfaz gráfica que se encarga de pedir acciones a esta para que el jugador las seleccione. | |
| Responsabilidades | |
| Responder a un tablero con una acción seleccionada por el jugador | |
| Atributos Propuestos | |
| **Mi nombre:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para identificarlos en los logs  **Mi número:** Atributo común a todos los jugadores que sirve para saber el orden de juego  **GUI:** Instancia de la interfaz gráfica para poder acceder a esta. | |
| Métodos Propuestos | |
| **Decidir acción:** Dado un estado del tablero pide una acción a la interfaz de usuario para que el jugador la seleccione.  **Decidir acción de selección:** Dado un estado del tablero en el que hay que seleccionar una respuesta a una acción del adversario, pide dicha acción a la interfaz de usuario para que el jugador la seleccione.  **Finish:** Termina el proceso que mantiene la ventana de la interfaz gráfica abierta. | |

Tabla . - Clase Controlador Jugador

#### Módulo de Interfaz Gráfica

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| GUI |
| Descripción | |
| Es la clase encargada de gestionar la interfaz con el usuario usando la librería Tkinter | |
| Responsabilidades | |
| Mostrar todos los elementos necesarios para que el usuario visualice su tablero y le permita generar una acción correcta. | |
| Atributos Propuestos | |
| **Window:** Instancia de la clase Tk de Tkinter en la se van a pintar los elementos  **Acción guardada:** Array con los elementos de la acción que el usuario va seleccionando  **Cartas restantes:** Numero de cartas que faltan para completar la acción seleccionada  **Acción pendiente:** Numero de la acción pendiente de seleccionar cuando el usuario tiene que elegir cartas de la acción del adversario. | |
| Métodos Propuestos | |
| **Start:** Inicia el bucle de Tkinter  **Print tabla:** Muestra por pantalla la situación actual del tablero  **Obtener acción:** Devuelve la acción seleccionada por el usuario  **Cerrar:** Termina el bucle de Tkinter y cierra la ventana | |

Tabla . - Clase GUI

## Análisis de Interfaces de Usuario

Para realizar la interfaz de usuario se ha decidido usar diseño minimalista, de manera que toda la información esté en una única pantalla, simulando lo que sería una mesa de juego en la realidad.

### Descripción de la Interfaz

Diagrama, Esquemático

Descripción generada automáticamente

Ilustración 5.4 - Primer esbozo (a mano) de la interfaz

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 5.5 – Segundo esbozo (ya en digital) de la interfaz

La pantalla del tablero constará de 3 partes.

La parte superior corresponde a la información de la situación del adversario, en la que se mostrarán las acciones utilizadas por el adversario y las acciones disponibles.

En la parte central se dará información del estado del favor actual que tienen cada una de las guerreras. Sobre las cartas de las guerreras se mostrará a quien deben su favor actualmente, mientras que en la parte superior e inferior se mostrará con un contador que cantidad de armas ha ofrecido cada jugador a cada guerrera, que servirá para el cuenteo de final de ronda.

En la parte inferior se muestra la información del jugador, en la sé que informará sobre las acciones utilizadas, las cartas utilizadas en dichas acciones y las cartas actuales que tiene en la mano.

### Descripción del Comportamiento de la Interfaz

Además de mostrar la información actual del tablero tal y como se describe en el apartado anterior, la interfaz de usuario también se encargará de facilitar al mismo la creación de una acción válida para poder seguir la partida.

#### Acción normal

En la parte inferior el usuario podrá seleccionar una de las acciones que le aparezcan como acciones no usadas o disponibles.

Una vez seleccionada una acción el usuario podrá cambiar de acción siempre que lo desee antes de enviar la acción completa.

Para completar una acción el usuario seleccionará las cartas necesarias para completarlas, estas cartas las podrá seleccionar desde el conjunto de cartas que tenga en la mano.

Las cartas seleccionadas se marcarán como desactivadas y aparecerán en la interfaz en la parte de la acción seleccionada.

Para reiniciar las cartas seleccionadas el usuario marcará de nuevo la misma acción, lo que hará que se eliminen todas las cartas de la parte de acción seleccionada y aparecerán como disponibles de nuevo.

Una vez el usuario haya seleccionado una acción y sus correspondientes cartas le aparecerá un botón de envío de acción. Al pulsarlo se le enviará dicha acción al controlador de la partida para que la ejecute y siga la ronda.

#### Acción de selección

Además de la selección de una acción normal la interfaz mostrará en el lugar de la acción una acción de selección cuando el usuario tenga que elegir cartas de la acción del adversario. Para esta opción el usuario únicamente podrá seleccionar un grupo de entre los dos grupos de dos cartas para la acción de tipo Competición y una de las tres cartas cuando tenga que elegir para una acción de tipo Regalo.

El usuario podrá cambiar la elección siempre que lo desee antes de enviar la acción.

Al igual que en la acción normal, una vez haya seleccionado la acción que desea, aparecerá un botón de envío para poder continuar con la ronda al ser pulsado.

# Diseño del Sistema

En este apartado se describe el diseño final del sistema.

## Arquitectura del sistema: Vista de bloques de construcción

En la siguiente imagen (Ilustración 6.1 - Vista en bloques completa) podemos ver una vista general de los bloques de construcción que se describirán en los siguientes puntos. La leyenda de la imagen se comparte con la de todos los puntos de esta sección de la documentación. Esta imagen será analizada más adelante, de manera que se podrá ver en mejor calidad.

Diagrama, Dibujo de ingeniería

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.1 - Vista en bloques completa

Leyenda:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Figura del diagrama | Nombre | Descripcion |
| Icono  Descripción generada automáticamente | Persona que interactua con la aplicación | Representa a un actor o usuario que interactua con la aplicación. |
| Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, PowerPoint  Descripción generada automáticamente | Bloque de caja negra | Representa un conjunto de módulos o clases del cual no se puede ver su contenido. |
| Forma  Descripción generada automáticamente con confianza media | Bloque de caja blanca | Representa un conjunto de módulos o clases del cual se puede ver su contenido. |
| Interfaz de usuario gráfica, Aplicación  Descripción generada automáticamente | Ficheros de caja negra | Representa un conjunto de ficheros del cual no se puede ver su contenido. |
| Interfaz de usuario gráfica, Aplicación  Descripción generada automáticamente | Ficheros de caja blanca | Representa un fichero o conjunto de ficheros del cual se puede ver su contenido. |
| Tabla  Descripción generada automáticamente con confianza baja | Clase o archivo de funciones | Representa una clase de la aplicación o un archivo ejecutable con una serie de funciones. |
| Imagen en blanco y negro  Descripción generada automáticamente con confianza media | Llamada a función sin paso de datos | Representa el la llamada a una función de una clase o la interacción con un elemento en la que no hay intercambio de datos. |
| Imagen en blanco y negro  Descripción generada automáticamente con confianza baja | Llamada a función con paso de datos | Representa el la llamada a una función de una clase o la interacción con un elemento en la que hay intercambio de datos. |

Tabla . - Leyenda común a todas las vistas

### Nivel 1

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 6.2 - Vista en bloques de nivel 1

En el nivel 1 podemos ver como la aplicación puede comunicarse y recibir la información del usuario que la esté ejecutando. Cabe destacar que en caso de que se esté ejecutando en modo generación de datos o entrenamiento de la red neuronal el usuario no interactúa con la aplicación, esta comunicación se produce únicamente cuando se ejecuta en modo jugar.

También podemos ver como la aplicación se comunica con ficheros externos. Esta comunicación sí se realiza para los 3 modos de ejecución como veremos más adelante.

### Nivel 2

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.3 - Vista en bloques de nivel 2

En el nivel 2 podemos ver como la aplicación tiene 3 módulos principales.

El módulo de controladores está en el centro de ellos porque es el encargado de gestionar el resto, este se comunica con el paquete de la red neuronal tanto para pedir datos como para recibirlos, así como con el de la interfaz gráfica. También puede generar información que se guarda en ficheros.

El módulo de la red neuronal es el encargado de gestionar la parte de entrenamiento y predicción de esta. Hace uso y guarda archivos, además de comunicase con el módulo de controladores.

El paquete de interfaz gráfica es el encargado de comunicar el módulo de controladores con el del usuario.

### Nivel 3

Diagrama, Dibujo de ingeniería

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.4 - Vista en bloques de nivel 3

En este nivel podemos ver todas las clases de la aplicación y la relación entre ellas.

Desde el main se puede llamar a 3 clases dependiendo del modo de ejecución en el que estemos. Para el modo de generación de datos se llama la clase ControladorGeneradorDatos, para el modo de entrenamiento de la red neuronal se llama a la clase *Entrenamiento* y para el modo jugar se llama a la clase ControladorPartida.

#### Controladores

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.5 - Detalle del módulo de controladores de la vista en bloques de nivel 3

En el módulo de controladores tenemos 2 clases que se llaman desde el main.

La clase ControladorGeneradorDatos sirve para llamar a la clase ControladorPartida el número de veces que se establezcan en la parametrización, de esta clase recibe los datos de los tableros y acciones que se han realizado en cada partida y se guardan en los ficheros de datos generados.

La clase ControladorPartida es el centro de la aplicación, ya que es la que se encarga de gestionar y comunicar entre sí gran parte del resto de clases. En el caso de que la aplicación se ejecute en modo de generación de datos, la ControladorPartida será llamada un numero parametrizado de veces, pero en todas ellas hará lo mismo que si fuera una ejecución en modo jugar, como podemos ver en el apartado 6.3.2 de la documentación. Recibe el tablero de la clase ControladorTablero y se la envía a la clase Red Neuronal (ControladorRedNeuronal), ControladorJugador o ControladorBot dependiendo de que jugadores estén jugando esa partida. De esas clases recibirá la acción realizada y se la pasará a clase ControladorTablero.

La clase ControladorJugador sirve de interfaz intermediaria entre la clase *ControladorPartida* y la interfaz gráfica de usuario.

La clase Red Neuronal (ControladorRedNeuronal) sirve de intermediaria entre la clase *ControladorPartida* y la clase de *Predicción* que forma parte del módulo de la red neuronal.

La clase ControladorTablero es la que se encarga de toda la gestión del tablero, lo inicializa al inicio de cada turno para enviárselo a la clase ControladorPartida, luego recibe las acciones que realicen los diferentes jugadores desde la clase ControladorPartida y guarda los cambios que realizan esas acciones en el tablero, devolviéndoselo de nuevo para la siguiente acción.

La clase ControladorBot sirve como jugador aleatorio. Esta clase recibe un tablero y realiza una acción completamente aleatoria dentro de las acciones posibles y con unas cartas aleatorias suficientes para realizar esa acción que estén disponibles en la mano de este jugador. Sirve como jugador inicial para el entrenamiento y como jugador de dificultad baja para el modo jugar si así se define en el archivo de parametrización.

Hay que destacar que todas las clases que sirven como jugadores de la partida tienen un patrón de métodos públicos definido. Este patrón se compone de los métodos:

* \_\_init\_\_(miNombre, miNumero)
* decidirAccion(tablero)
* decidirAccionDeSeleccion(tablero)
* finish()

Estos métodos serán descritos en su correspondiente clase más adelante.

#### Red Neuronal

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.6 - Detalle del módulo de la red neuronal de la vista en bloques de nivel 3

En el módulo de la red neuronal hay únicamente 2 clases, la clase de Entrenamiento y la de Prediccion.

La clase de Entrenamiento se ejecuta directamente desde el main, lee los archivos de datos y genera los archivos del modelo.

La clase de Prediccion carga los archivos del modelo, recibe el tablero de la clase de red neuronal y le devuelve una predicción de una acción que será la que realice como jugador.

#### Interfaz grafica

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.7 - Detalle del módulo de la interfaz gráfica de la vista en bloques de nivel 3

En la interfaz gráfica tenemos dos clases que utilizan Tkinter, la clase GUI\_Tkinter lo utiliza para hacer la ventana gráfica donde el usuario interactuará como jugador con la aplicación, de manera que esta clase pinta el tablero y ofrece al usuario las posibles acciones que puede realizar. Una vez seleccionada la acción esta vuelve a los controladores para seguir la partida.

En este módulo también existe la clase auxiliar Popup\_Tkinter sirve para informar al usuario de la finalización del programa.

## Descripción detallada de las clases

A continuación, se va a hacer una descripción de las clases con sus de la aplicación separadas por los paquetes que se han explicado en el punto anterior (Arquitectura del sistema: Vista de bloques de construcción).

### Controladores

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorPartida |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora de la partida, se encarga de los turnos y las rondas además de guardar las acciones que han llevado a cabo los jugadores. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_controladorTablero | Instancia del controlador del tablero en el que se guarda el estado del tablero y se ejecutan las acciones. |
| \_\_accionesJ1 | Cadena de texto en la que se guardan las acciones que ha ejecutado el jugador 1 para su futuro guardado. |
| \_\_accionesJ2 | Cadena de texto en la que se guardan las acciones que ha ejecutado el jugador 2 para su futuro guardado. |
| \_\_tableroJ1 | Cadena de texto en la que se guardan los tableros que le llegaron al jugador 1 y sobre los cuales formo la acción correspondiente. |
| \_\_tableroJ2 | Cadena de texto en la que se guardan los tableros que le llegaron al jugador 2 y sobre los cuales formo la acción correspondiente. |
| \_\_winnnerNumero | Guarda el número del ganador al final de cada ronda para poder saber si se ha terminado la partida. |
| \_\_winner | Copia de la instancia del jugador que ha ganado la partida. |
| \_\_jugador1 | Instancia del jugador correspondiente al orden 1. |
| \_\_jugador2 | Instancia del jugador correspondiente al orden 2. |
| \_\_jugador1Inicio | Instancia del jugador copia de jugador 1, pero que no cambia a lo largo de la partida dependiendo del turno, se usa para declarar el ganador. |
| \_\_jugador2Inicio | Instancia del jugador copia de jugador 1, pero que no cambia a lo largo de la partida dependiendo del turno, se usa para declarar el ganador. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorPartida, se definen todos los atributos privados de la misma. |
| run | Método ejecutor de la clase ControladorPartida, inicializa los jugadores y ejecuta el método start con una captura de posibles errores que se mostraran en un popup. |
| \_\_initJugadores | Método que instancia los atributos de jugador1 y jugador2 dependiendo del modo y nivel seleccionados en la parametrización. |
| \_\_start | Método encargado de realizar el bucle de rondas hasta que en una de ellas haya un ganador. |
| \_\_ronda | Método encargado de inicializar la ronda correspondiente y realizar el bucle de las acciones de los jugadores. |
| \_\_accion | Método encargado de pedir a los jugadores que realicen una acción, si la acción requiere de interacción por parte del otro jugador también se le pedirá que haga la selección. |
| \_\_guardarAccion | Método encargado de guardar la acción en formato cadena de texto y el tablero dados en su correspondiente atributo de la clase. |
| getAccionesJ1 | Método para obtener el atributo de tipo cadena de texto: accionesJ1. |
| getAccionesJ2 | Método para obtener el atributo de tipo cadena de texto: accionesJ2. |
| getTablerosJ1 | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: tablerosJ1. |
| getTablerosJ2 | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: tablerosJ1. |
| getWinner | Método para obtener para el atributo winner que implementa una clase jugador. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorPartida

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorTablero |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora del tablero de juego, almacena la información de la situación actual del tablero en la que permite realizar acciones. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_tablero | Guarda una matriz con el estado actual del tablero. |
| \_\_mazoArmas | Guarda un array con las cartas que quedan en el mazo de robo. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorTablero, se definen e inicializan todos los atributos privados de la misma. |
| \_\_initMazo | Método que inicializa el mazo de las cartas con todas las cartas de armas disponibles. |
| \_\_borrarAcciones | Método que se encarga de borrar del tablero las acciones realizadas por ambos jugadores. |
| \_\_borrarArmas | Método que se encarga de borrar del tablero las armas usadas por ambos jugadores. |
| \_\_robarCarta | Método que elimina del mazo de cartas una carta aleatoria y la devuelve. Lanza una excepción si el mazo no tiene cartas que robar. |
| \_\_repartoDeCartas | Método que se encarga de repartir 6 cartas del mazo a cada jugador y ordenar las manos de dichos jugadores. |
| \_\_conseguirCarta | Método que asigna una carta del mazo a la mano del jugador con el numero dado por parámetro. |
| \_\_soltarCarta | Método que recibe el array de la mano y el valor de la carta que sustituye por 0. |
| \_\_eliminarCarta | Método que recibe un array y un valor, devuelve el array eliminando el valor una vez. |
| \_\_getFilaAcciones | Método que recibe el índice del jugador y devuelve el índice de sus acciones usadas. |
| \_\_getMano | Método que recibe el índice del jugador y devuelve el índice de su mano. |
| \_\_ordenarMano | Método que recibe el índice de la mano del jugador y ordena su mano. |
| \_\_getNumeroCartasEn  AccionSeleccionada | Método que devuelve el número de cartas que contiene el array que se le pasa por parámetro, sin incluir la primera posición que corresponde al tipo de acción. Además, lanza una excepción si las cartas no están bien ordenadas en el array y contiene ceros en medio. |
| \_\_comprobarAccion1 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción Secreto o si esta acción ya ha sido usada. |
| \_\_comprobarAccion2 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción Renuncia o si esta acción ya ha sido usada. |
| \_\_comprobarAccion3 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción Regalo o si esta acción ya ha sido usada. |
| \_\_comprobarAccion4 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción Competición o si esta acción ya ha sido usada. |
| \_\_comprobarAccion  Decision3 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción de decisión Regalo o si esta acción no concuerda con la esperada. |
| \_\_comprobarAccion  Decision4 | Método que lanza una excepción si el número de cartas no concuerda con el tipo de acción de decisión Competición o si esta acción no concuerda con la esperada. |
| \_\_guardarAccion1 | Método que guarda la carta seleccionada del array dado por parámetro para la acción Secreto en la fila de acciones del tablero dada por parámetro y elimina esa carta de la mano dada por parámetro. |
| \_\_guardarAccion2 | Método que guarda la carta seleccionada del array dado por parámetro para la acción Renuncia en la fila de acciones del tablero dada por parámetro y elimina esa carta de la mano dada por parámetro. |
| \_\_guardarAccion3 | Método que guarda las cartas seleccionadas del array dado por parámetro la acción Regalo en la fila de acción pendiente, establece la acción Regalo como usada en la fila de acciones del tablero dada por parámetro y elimina esas cartas de la mano dada por parámetro. |
| \_\_guardarAccion4 | Método que guarda las cartas seleccionadas del array dado por parámetro la acción Competición en la fila de acción pendiente, establece la acción Competición como usada en la fila de acciones del tablero dada por parámetro y elimina esas cartas de la mano dada por parámetro. |
| \_\_guardarAccion  Decision3 | Método que guarda las cartas seleccionadas del array dado por parámetro para la acción de decisión Regalo en la fila de acción pendiente, sumamos las cartas seleccionadas a los jugadores en las filas de armas usadas y deja la fila de acción pendiente vacía. |
| \_\_guardarAccion  Decision4 | Método que guarda las cartas seleccionadas del array dado por parámetro para la acción de decisión 4 en la fila de acción pendiente, sumamos las cartas seleccionadas a los jugadores en las filas de armas usadas y deja la fila de acción pendiente vacía. |
| \_\_guardarSecreto | Método que toma el valor de la carta de secreto de la fila del jugador seleccionada y la guarda en la fila de armas del jugador seleccionada. |
| \_\_sumarCarta | Método que dada una carta suma 1 a la columna correspondiente a esa carta y a la fila dada. |
| \_\_getGanador | Método que calcula todos los puntos de cada jugador y devuelve el ganador. |
| \_\_manoLlena | Método que comprueba el número de cartas en la mano dada y devuelve y está llena o no. |
| initRonda | Método que inicializa el mazo con todas las cartas menos una y reparte las cartas iniciales. |
| jugadorRobaCarta | Método que, dado el índice del jugador, roba una carta del mazo de cartas y la guarda en la mano de dicho jugador. |
| getVistaTablero | Método que, dado el índice del jugador, devuelve una matriz de información parcial para ese jugador. |
| realizarAccion | Método que, dado el índice del jugador y una acción, comprueba que ese jugador puede realizar la acción, que esta está bien formada y de ser así la ejecuta haciendo los cambios correspondientes en el tablero. |
| hayAccionPendiente | Método que, dado el índice del jugador y una acción, comprueba que ese jugador puede realizar la acción, que esta está bien formada y de ser así ejecuta haciendo los cambios correspondientes en el tablero. |
| finalizarTurno | Método que realiza todas las acciones necesarias para dar el turno por terminado y devuelve el jugador ganador en caso de que lo hubiera. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorTablero

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorBot |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora del jugador de Bot aleatorio. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_miNombre | Define el nombre para leerlo en los logs. |
| \_\_miNumero | Define el orden del jugador, puede ser 1 o 2. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorBot, recibe el nombre y el numero para guardarlo en sus respectivos atributos. |
| decidirAccion | Método para generar una acción aleatoria, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con una acción correcta aleatoria dentro de las posibles con las cartas aleatorias que tenga en mano. |
| decidirAccionDe  Seleccion | Método para generar la acción de selección pendiente con cartas aleatorias, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con la acción correctamente formada con las cartas aleatorias dadas por la acción pendiente. |
| finish | Método que sirve para cerrar los hilos pendientes de los jugadores, en este caso no es necesario cerrar ninguno. |
| getMiNombre | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNombre. |
| getMiNumero | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNumero. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorBot

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorJugador |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora del jugador controlado por el usuario a través de la interfaz gráfica. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_miNombre | Define el nombre para leerlo en los logs. |
| \_\_miNumero | Define el orden del jugador, puede ser 1 o 2. |
| \_\_GUI | Instancia la clase GUI\_Tkinter que corresponde a la interfaz gráfica de usuario con la que interactuará el usuario. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorJugador, recibe el nombre y el numero para guardarlo en sus respectivos atributos. Además, inicializa el atributo GUI que implementa la clase GUI\_Tkinter. |
| decidirAccion | Método para generar una acción, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con una acción correcta que será seleccionada por el usuario a través del Método pedirAccion. |
| decidirAccionDe  Seleccion | Método para generar la acción de selección pendiente, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con la acción correctamente formada con las cartas seleccionadas por el usuario a través del Método pedirAccion. |
| \_\_pedirAccion | Método que unifica los Métodos de decidirAccion y decidirAccionDeSeleccion en el que se llama a los Métodos de printTabla, start y obtenerAccion para pintar el tablero en la interfaz de usuario y esperar a que el usuario seleccione la acción que desee. |
| finish | Método que sirve para cerrar el hilo de la interfaz gráfica. |
| getMiNombre | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNombre. |
| getMiNumero | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNumero. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorJugador

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorRedNeuronal |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora del jugador controlado por la red neuronal entrenada anteriormente. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_miNombre | Define el nombre para leerlo en los logs. |
| \_\_miNumero | Define el orden del jugador, puede ser 1 o 2. |
| \_\_prediccion | Instancia la clase Prediccion que corresponde a la parte de la red neuronal encargada de generar predicciones. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorRedNeuronal, recibe el nombre y el numero para guardarlo en sus respectivos atributos. Además, inicializa el atributo Prediccion que implementa la clase Prediccion. |
| decidirAccion | Método para generar una acción, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con una acción correcta que será seleccionada por la red neuronal y procesada por el Método procesarAccion. |
| \_\_procesarAccion | Método encargado de procesar el resultado emitido por la red neuronal para transformarlo en una acción correctamente formada y válida para el tablero actual. Esto se debe a que la red neuronal devuelve el valor en porcentajes de acierto, que no están exentos de fallos. |
| \_\_obtenerCartasEnMano  YAccionesPosibles | Método encargado de devolver una lista con las cartas que hay en la mano y otra lista con las acciones posibles que puede realizar el jugador para el tablero dado. Este método es necesario para el método procesarAccion. |
| \_\_obtenerAccionCount | Método que devuelve el número de cartas que debe tener la acción a realizar dada por parámetro. Este método es necesario para el método procesarAccion. |
| \_\_eliminarCarta | Método que devuelve un array con las cartas en mano a la que se le ha retirado la carta seleccionada. Este método es necesario para el método procesarAccion. |
| decidirAccionDe  Seleccion | Método para generar la acción de selección pendiente, recibe la matriz del tablero y devuelve un array con la acción correctamente formada con las cartas seleccionadas por red neuronal y procesada por el método procesarAccionDeSeleccion. |
| \_\_procesarAccionDe  Seleccion | Método encargado de procesar el resultado emitido por la red neuronal para transformarlo en una acción de selección correctamente formada y válida para el tablero actual. Esto se debe a que la red neuronal devuelve el valor en porcentajes de acierto, que no están exentos de fallos. |
| \_\_seleccionarCartas  AccionDeSeleccionRegalo | Método encargado de procesar el resultado emitido por la red neuronal para la acción de selección específica de tipo Regalo para una acción pendiente dada. |
| \_\_seleccionarCartasAccion  DeSeleccionCompeticion | Método encargado de procesar el resultado emitido por la red neuronal para la acción de selección específica de tipo Competición para una acción pendiente dada. |
| \_\_crearAccionCompleta | Método que crea un array acción a partir del tipo de acción y las cartas seleccionadas. |
| finish | Método que sirve para cerrar los hilos pendientes de los jugadores, en este caso no es necesario cerrar ninguno. |
| getMiNombre | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNombre. |
| getMiNumero | Método para obtener para el atributo de tipo cadena de texto: miNumero. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorRedNeuronal

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| ControladorGeneradorDatos |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase controladora de la generación de datos para el entrenamiento de la red neuronal. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_partidasGanadas1 | Define el número de partidas que ha ganado el primer jugador. |
| \_\_partidasGanadas2 | Define el número de partidas que ha ganado el segundo jugador. |
| \_\_controladorPartida | Instancia la clase ControladorPartida, que se va instanciando con cada nueva simulación. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase ControladorGeneradorDatos, se inicializan los atributos de la clase. |
| run | Método ejecutor de la clase ControladorGeneradorDatos, reinicia los archivos y ejecuta partidas un número de veces parametrizado. |
| \_\_guardarGanador | Método que dado un jugador obtiene los datos de su partida y los guarda en los ficheros de partidas ganadas. |
| \_\_resetArchivo | Método que elimina los archivos generados anteriormente y los deja limpios para una nueva generación. |
| \_\_guardarEnArchivo | Método de escritura en fichero del texto dado. |

Tabla . - Descripción de la clase ControladorGeneradorDatos

### Red Neuronal

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Entrenamiento |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase encargada de utilizar los datos de entrenamiento para guardar el modelo entrenado. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_cnn | Contendrá una instancia de la clase Sequential de TensorFlow. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase Entrenamiento, se define el atributo cnn. |
| run | Método ejecutor de la clase Entrenamiento, se realiza el preprocesado de datos, la creación del modelo y el entrenamiento. |
| \_\_preProcesadoDeDatos | Método encargado de cargar los datos de entrenamiento desde los ficheros y transformarlos en matrices y arrays que reconoce la red neuronal. |
| \_\_creacionModelo | Método encargado de instanciar el atributo cnn con la clase Sequential. |
| \_\_establecerCapas | Método encargado de definir las capas y filtros que va a tener la red neuronal. |
| \_\_complileAndFit | Método encargado de compilar el modelo para su entrenamiento. |
| \_\_guardarModelo | Método encargado de guardar el modelo generado con los pesos de este en los archivos .h5 para su posterior carga por parte de la clase Prediccion. |

Tabla . - Descripción de la clase Entrenamiento

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Prediccion |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase encargada de utilizar el modelo entrenado para generar predicciones. | |
| **Atributos** | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_cnn | Contendrá una instancia de la clase Sequential. |
| \_\_resultado | Contendrá el resultado de la última predicción realizada. |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase Entrenamiento, se define los atributos e inicializarlos. |
| \_\_cargarModelo | Método encargado de cargar el modelo entrenado de los ficheros .h5. |
| predecir | Método que, dado un tablero de entrada, genera una predicción y la guarda en el atributo resultado. |
| obtenerPrediccionCampo | Método que, dado un el índice del campo del que se desea obtener la predicción realizada y los posibles valores aceptables, devuelve el valor más probable. |

Tabla . - Descripción de la clase Prediccion

### Interfaz Gráfica

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| GUI\_Tkinter |
| **Descripción de la clase** | | |
| Clase encargada de generar la ventana principal de la aplicación usando la librería tkinter. | | |
| **Atributos** | | |
| **Nombre** | **Descripción** |
| \_\_accionGuardada | Array en el que se van guardando la información de la acción que se está generando. |
| \_\_cartasRestantes | El número de cartas que faltan para terminar de completar la acción actual. |
| \_\_accionPendiente | Array con la acción pendiente que llega. |
| \_\_window | Instancia la clase Tk de tkinter. |
| **Métodos** | | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| \_\_init\_\_ | Método constructor de la clase GUI\_Tkinter, se definen e inicializan todos los atributos privados de la misma. |
| printTabla | Método encargado de pintar el tablero que nos llega. |
| \_\_limpiarAccion | Método encargado de vaciar el array de acción guardada y borrar del tablero la acción que se había seleccionado. |
| \_\_comprobarAccion  Pendiente | Método encargado de comprobar si existe una acción pendiente y modificar el tablero para que se muestre la misma. |
| \_\_bloquearAcciones  NormalesYMano | Método encargado de deshabilitar todos los botones de las acciones y de la mano. |
| \_\_addGuerreras | Método encargado de añadir una fila de imágenes de cartas grandes. |
| \_\_addMarcadores | Método encargado de añadir una fila de marcadores dada una lista de números. |
| \_\_addSusAcciones | Método encargado de añadir una fila con las acciones usadas del adversario. |
| \_\_addMisAcciones | Método encargado de añadir una fila con las acciones usadas del jugador. |
| \_\_addMiMano | Método encargado de añadir una fila con las cartas de la mano del jugador. |
| \_\_addAccionSeleccionada | Método encargado de añadir el label con la acción seleccionada. |
| \_\_addAccionPendiente | Método encargado de añadir las cartas de la acción pendiente. |
| \_\_addAccionPendiente5 | Método encargado de añadir las cartas de la acción pendiente para el tipo Regalo. |
| \_\_addAccionPendiente6 | Método encargado de añadir las cartas de la acción pendiente para el tipo Competición. |
| \_\_addCartaGrande | Método para añadir una imagen de carta grande en la posición dada con la imagen dada. |
| \_\_addMarcadorValor | Método para añadir el marcador del valor en la posición dada con la imagen dada. |
| \_\_addMarcador | Método para añadir marcadores en la posición dada con el texto dado. |
| \_\_addAccionPropia | Método para añadir un botón, en la posición dada, de acción activa/inactiva dependiendo del tipo dado. |
| \_\_addAccionEnemiga | Método encargado de añadir una imagen de acción realizada/no realizada en la posición dada. | |
| \_\_getTextoAccion | Método encargado de seleccionar el texto para un tipo dado. | |
| \_\_addCartaPeque | Método encargado de añadir un botón con una carta pequeña. | |
| \_\_addCartaAccionPendiente | Método encargado de añadir un botón de una carta de acción pendiente. | |
| \_\_addCartaOculta | Método encargado de añadir un botón con una carta oculta. | |
| \_\_addMarcoExplicativo | Método encargado de añadir un botón con una carta oculta. | |
| \_\_addLabelConImagen | Método encargado de añadir un label con una imagen para una posición, con un tamaño, imagen, texto y borde dados y numero de filas = 1. | |
| \_\_addLabelConImagenY  TamanioFilas | Método encargado de añadir un label con una imagen para una posición, con un tamaño, imagen, texto, numero de filas y borde dados. | |
| \_\_addLabelConSoloTexto | Método encargado de añadir un label in imagen para una posición, con un tamaño, texto y borde dados. | |
| \_\_addBotonConImagen | Método encargado de añadir un botón con una imagen para una posición, con un tamaño, imagen, texto, numero de filas y borde dados. | |
| \_\_addButtonConTexto | Método encargado de añadir un botón con un texto para una posición, con una imagen, texto y borde dados. | |
| \_\_seleccionarAccion | Método que se ejecuta al dar a un botón de selección de acción. Elimina la acción anteriormente seleccionada y pinta la nueva para poder seleccionar las cartas correspondientes. | |
| \_\_seleccionarCarta | Método que se ejecuta al seleccionar una carta, en caso de que la acción admita una nueva carta pinta la carta seleccionada en la sección de la acción seleccionada y bloquea la carta de la mano. | |
| \_\_seleccionarCarta  Pendiente5 | Método que se ejecuta al seleccionar una carta cuando esta la acción de selección pendiente de tipo Regalo. | |
| \_\_seleccionarCarta  Pendiente6 | Método que se ejecuta al seleccionar una carta cuando esta la acción de selección pendiente de tipo Competición. | |
| \_\_noAccion | Método auxiliar para no hacer nada al pulsar acciones que no están disponibles. | |
| \_\_printAceptar | Método que pinta el botón de aceptar para enviar la acción seleccionada. | |
| \_\_borrarAceptar | Método que borra el botón de aceptar para que no se envíe una acción a medias. | |
| start | Método que inicia el bucle de tkinter. | |
| \_\_pressAceptar | Método sale del bucle de tkinter para poder seguir con la ejecución del programa y aplicar la acción seleccionada. | |
| cerrar | Método que destruye la ventana de tkinter cuando se termina la partida. | |
| obtenerAccion | Método que devuelve el atributo de accionGuardada. | |

Tabla . - Descripción de la clase GUI\_Tkinter

|  |
| --- |
| **Nombre de la Clase** |
| Popup\_Tkinter |
| **Descripción de la clase** | |
| Clase encargada de generar la ventana pequeña de información (o popup). | |
| **Métodos** | |
| **Nombre** | **Parámetros y descripción** |
| sendMensaje | Método que construye el popup con el texto dado y un botón de aceptar para cerrarlo. |

Tabla . - Descripción de la clase Popup\_Tkinter

### Ficheros de parametrización y configuración

Además de las clases descritas anteriormente, cabe mencionar que existen ficheros Python que no contienen clases, pero en los que se encuentra funciones y parámetros que se utilizan en la aplicación.

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosCNN |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros necesarios para la configuración y entrenamiento de la red neuronal convolucional. | |

Ilustración 6.8 - Descripción del fichero ParametrosCNN

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosDatos |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros de las direcciones de los archivos de generación y guardado de datos de la red neuronal. | |

Ilustración 6.9 - Descripción del fichero ParametrosDatos

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosGUI |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros necesarios para la configuración de la red neuronal convolucional. | |

Ilustración 6.10 - Descripción del fichero ParametrosGUI

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosImagenes |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros referentes a las direcciones y nombre de los archivos de imágenes utilizados por la aplicación. | |

Ilustración 6.11 - Descripción del fichero ParametrosImagenes

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosMenu |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros necesarios arrancar la aplicación con los diferentes modos que se leen del archivo param.properties donde están definidos. | |

Ilustración 6.12 - Descripción del fichero ParametrosMenu

|  |
| --- |
| **Nombre del fichero** |
| ParametrosTablero |
| **Descripción de la clase** | |
| Contiene los parámetros referentes a las posiciones de las cartas dentro de la matriz del tablero. | |

Ilustración 6.13 - Descripción del fichero ParametrosTablero

## Vista de tiempo de ejecución

### Opciones

Como hemos visto anteriormente existen 3 opciones parametrizables a la hora de ejecutar la aplicación. Estas opciones se arrancan desde el mismo main y llaman a su clase inicial correspondiente.

* Generar datos
* Entrenar a la red neuronal
* Jugar

La vista de tiempo de ejecución de entrenar a la red neuronal es la más simple de las 3, ya que únicamente se establece el modelo de la red neuronal y se arranca, no hay más que el uso de una sola clase.

Las vistas de generación de datos y jugar es prácticamente la misma, únicamente se diferencian en quienes son los jugadores de cada partida y el número de partidas que se juegan.

Para la opción de generación de datos el main llama a la clase ControladorGeneradorDatos, que se encarga de hacer las llamadas a la clase *ControladorPartida* y guardar los datos en un archivo.

Para la opción de Jugar se llama desde el main directamente a la clase ControladorPartida que es la encargada de gestionar el ciclo completo de ejecución de una partida.

### Ciclo de una partida

Como acabamos de ver la clase ControladorPartida se encarga de gestionar la partida con un bucle que realiza una ronda completa hasta que uno de los 2 jugadores gana.

Cada ronda se compone de a su vez de un bucle de 4 turnos tal y como se ve representado en la Ilustración 6.14 - Diagrama de flujo de una partida.

Al inicio de cada ronda la clase ControladorPartida pide a la clase ControladorTablero.

En cada ciclo del turno cada jugador realiza una acción, siempre en el mismo orden de jugadores para cada turno e intercambiando el orden para cada ronda. El jugador inicial recibe el estado actual del tablero y decide que acción realizar. Si la acción es la acción de Secreto o la acción de Renuncia (es decir, es una acción simple) esta acción llega a la clase ControladorPartida que se encarga de enviarla a la clase ControladorTablero para que haga los cambios correspondientes en el tablero y devolvérselo a la clase ControladorPartida. Si la acción es de Regalo o Competición (es decir, una acción compleja) después de que el jugador realice la acción y la clase ControladorTablerodevuelva el resultado en el tablero igual que en una acción simple, la clase ControladorPartidaenvía la acción de decisión en el tablero al jugador 2 para que elija las cartas, este una vez ha elegido las cartas le devuelve esa acción a la clase ControladorPartiday esta vuelve a enviársela a la clase ControladorTableropara que guarde dicha decisión en el tablero.

Una vez terminada la acción del jugador 1 se realiza la acción del jugador 2.

A modo de resumen, cada partida consta de al menos 1 ronda. Cada ronda consta de 4 turnos en los que se realizan 2 acciones, una por cada jugador.

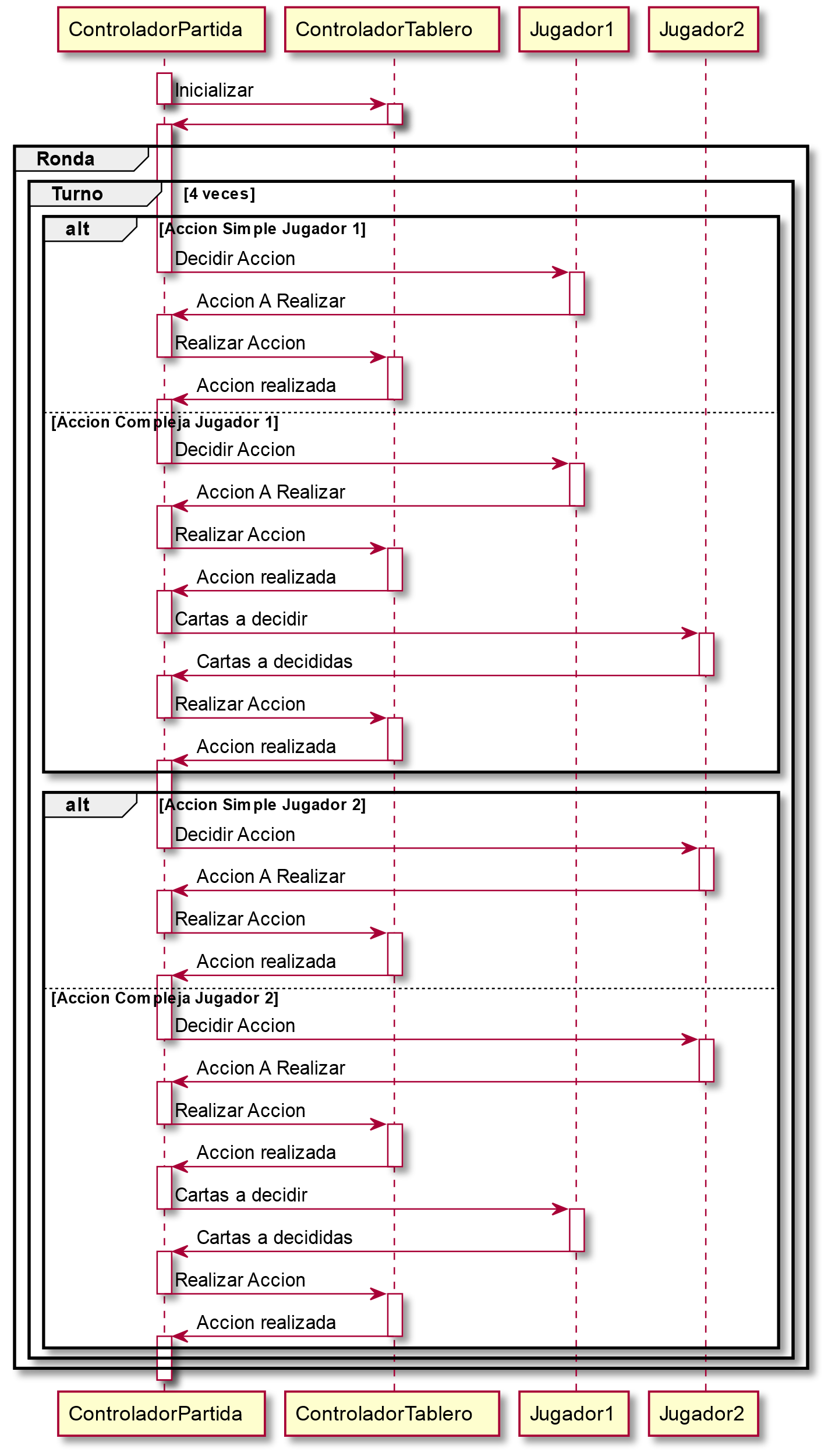


Ilustración 6.14 - Diagrama de flujo de una partida

## Diseño de la Red Neuronal

En esta sección se va a analizar capa por capa el diseño de la red neuronal.

### Transformación de información en datos utilizables por la red neuronal

El diseño de la red neuronal comienza con el preprocesamiento de datos. Al ser una red neuronal convolucional, en un principio se pensó en pasarle una captura de la imagen del tablero y dejar que la red neuronal interpretase las cartas y situación general de este. Pero al final se decidió que, ya que esta información la teníamos que usar para realizar el controlador del tablero, se podía configurar la red neuronal para que obtuviese esa información directamente.

Por lo tanto, el preprocesado de datos comienza incluso fuera de la propia clase de entrenamiento de la red neuronal, empieza en la obtención y guardado de datos.

El objetivo de la red neuronal va a ser recibir un tablero con la información de la situación actual del tablero y devolver una acción concreta. La situación actual del tablero se va a representar como una matriz de datos, donde cada fila representa una parte de la información, y la acción un array, donde la primera posición representa la acción a realizar y el resto las cartas usadas en dicha acción.

La matriz del tablero se distribuirá de la siguiente manera:

* La primera fila contiene las cartas de la mano del jugador (máximo de 7).
* La segunda fila contiene las cartas de la mano del adversario.
* La tercera fila contiene las acciones realizadas por el jugador.
* La cuarta fila contiene las acciones realizadas por el adversario.
* La quinta fila contiene los contadores de armas usadas por el jugador (Para cada guerrera guarda la cantidad de armas que le ha dado el jugador).
* La sexta fila contiene los contadores de armas usadas por el adversario (Para cada guerrera guarda la cantidad de armas que le ha dado el adversario).
* La séptima fila contiene el favor actual de las guerreras (0: Nadie, 1: Jugador 1, 2: Jugador 2).
* La octava fila contiene la acción de decisión en caso de haber una acción pendiente.

De esta manera tenemos una matriz de 8 filas y 7 columnas (este número depende del número máximo de cartas en la mano) en la que se contiene toda la información del tablero.

Para el entrenamiento de la red neuronal, la matriz completa será truncada, ya que hay datos a los que un jugador no tiene acceso, como la mano del adversario y las cartas que ha usado en las acciones de tipo Secreto y Renuncia .

Ejemplo de matriz del tablero:

0000023

0000000

4001100

1111100

0001213

0110122

0201210

0000000

* 0000023 -> Cartas en la mano del jugador (2 y 3).
* 0000000 -> Mano vacía del adversario.
* 4001100 -> Acciones realizadas por el jugador (ha realizado las acciones Secreto (usando la carta 4), Regalo y Competición).
* 1111100 -> Acciones realizadas por el adversario (ha realizado todas sus acciones).
* 0001213 -> Armas utilizadas por el jugador (1 en la guerrera 4, 2 en la guerrera 5, 1 en la guerrera 6 y 3 en la guerrera 7).
* 0110122 -> Armas utilizadas por el adversario (1 en la guerrera 2, 1 en la guerrera 3, 1 en la guerrera 5, 2 en la guerrera 6 y 2 en la guerrera 7).
* 0201210 -> Favor de las guerreras (el jugador 1 gana en las 4 y 6 y el jugador 2 en las 2 y 5).
* 0000000 -> Acción de decisión, al estar vacía indica que hay que realizar una acción normal.

Para el entrenamiento de la red neuronal se utilizarán como datos un conjunto de tableros con las acciones correspondientes, acciones que llevaron a la victoria. Así la red neuronal se encargará de aprender a devolver estas acciones cuando se le presente ese tablero.

Para ello necesitamos definir también la forma de las acciones.

Con la información descrita por el tablero anterior, la red neuronal realizará una acción dentro de las 4 posibles o una acción de decisión dentro de las 2 posibles. Además, todas las acciones van acompañadas de un numero de cartas entre 1 y 4 dependiendo de la acción. Por lo tanto, la acción completa se enviará como un array de 5 campos, donde el primer campo es la acción por realizar (0, 1, 2 o 3 para las acciones normales, 4 para la acción de decisión de la acción de Regalo y 5 para la acción de decisión de la acción 4) y el resto de los campos las cartas seleccionadas (0 en caso de que la acción no requiera todos los campos).

Ejemplo de acción:

13200 -> El jugador realiza la acción de Renuncia con las cartas 3 y 2.

### Preprocesamiento de datos

En el preprocesamiento de los datos se leerán los datos obtenidos de las simulaciones realizadas y guardados en los documentos .CSV.

Como la información se ha guardado en un array, para que cada línea del CSV corresponda a un tablero, el primer paso es deshacer este cambio, volviendo a transformar el array en una matriz de entrada, para que en el futuro la red neuronal entrenada pueda obtener también una matriz.

### Definición de las capas de la red neuronal

A continuación, se van a enumerar las capas que forman la red neuronal.

#### Primera capa

Esta es una capa de tipo Input, sirve exclusivamente para definir qué entrada va a recibir la red neuronal. En este caso se define el tamaño de los datos de entrada: (8, 7, 1), es decir, va a recibir una matriz de 8 de altura, 7 de ancho y 1 de profundidad, que corresponde a la matriz del tablero.

#### Segunda capa

La segunda capa de la red neuronal consiste en una capa de convolución: Convolution2D. Como ya se explicó en el punto 3.2.3.1 Operación de convolución, la función de esta capa va a ser encontrar patrones dentro de los datos de entrada.

Al resultado dado por la capa anterior, se le van a aplicar un filtro de tamaño 1,7 para que vaya recorriendo las filas de la tabla y así poder encontrar patrones en estas. El tipo de *padding* es valid, ya que no queremos que añada 0 en los bordes, estos bordes implican la finalización de los datos y añadir información podría alterar el resultado esperado.

#### Tercera capa

La tercera capa es una capa de pooling: MaxPooling2D. Como ya se explicó en el punto 3.2.3.2 Operación de pooling, la función de esta capa obtener una matriz de información más compacta en la que se remarcan más las características.

Al resultado dado por la capa anterior, se le va a realizar una operación de max-pooling de 2,2 que correspondería a algo similar a la Ilustración 3.7 - Ejemplo de operación de max-pooling.

#### Cuarta capa

Esta capa es una capa de tipo Flatten, que va a realizar transformación tomando el resultado de la capa anterior y lo va a transformándolo en un array.

Esta transformación es necesaria para la siguiente capa.

#### Quinta capa

Esta capa es una capa densa: Dense. Este tipo de capas se utilizan para modificar el número de neuronas en relación con la capa anterior.

En este caso se va a realizar una ampliación de neuronas a un total de 448\*4, que corresponde a un escalado de la proporción inicial de neuronas.

#### Sexta capa

Esta capa es una capa de desactivación: Dropout. Este tipo de capas se utiliza para desactivar cierto número de neuronas. Esto se hace para que en cada simulación haya algunas neuronas que no se utilicen, haciendo que sea más complicado que la red neuronal utilice siempre un mismo camino de neuronas atrofiando el resultado y haciendo que haya neuronas que no se utilicen nunca.

En este caso se va a aplicar una desactivación del 50% de las neuronas, para así obligar a la red neuronal a que pueda encontrar varios caminos para una misma solución esperada.

#### Séptima capa

Esta capa vuelve a ser una capa densa: Dense. Tiene una función similar a la de la Quinta capa, solo que en este caso se va a buscar un escalado correspondiente al número inicial de neuronas (8\*7) para poder repetir el proceso.

#### Octava capa

Esta capa es una capa de reescalado: Reshape. Tiene la función inversa a la capa de tipo Flatten, en este caso se va a reescalar para que la siguiente capa tenga una entrada de dimensión: (8, 7, 1).

#### Novena capa

Esta capa es de tipo Convolution2D, realiza una repetición de la Segunda capa para volver a buscar patrones que puedan ser útiles en la búsqueda de la solución esperada.

#### Decima capa

Esta capa es de tipo MaxPooling2D, realiza una repetición de la Tercera capa para volver a buscar patrones que puedan ser útiles en la búsqueda de la solución esperada.

#### Undécima capa

Esta capa es de tipo Flatten, va a realizar transformación tomando el resultado de la capa anterior y lo va a transformándolo en un array.

#### Duodécima capa

Esta capa vuelve a ser una capa densa: Dense. Tiene una función similar a la de la Quinta capa, solo que en este caso se va a buscar un escalado correspondiente al número final de neuronas para poder obtener el resultado final.

#### Decimotercera capa

Esta capa es una capa de reescalado: Reshape. Tiene la función similar a la de la Octava capa, en este caso se va a reescalar para que la salida de la red neuronal sea (5, 8), es decir el número de salidas será 5 y el número de posibilidades de salidas para cada salida será 8.

### Procesamiento del resultado

Al realizar una predicción con la red neuronal nos va a devolver una matriz de 5x8, en la que tendremos el resultado del array de 5 con los 8 valores posibles puntuados con un porcentaje de estimación al resultado querido.

De esta forma, y para transformar ese resultado en una acción correcta, debemos procesar el resultado.

En primer lugar, se obtiene la acción a realizar en base el valor del primer array de los 5. Para que la acción sea correcta y no de error al ser procesada en el futuro, se calculan las posibles acciones que se pueden realizar, una vez realizado este calculo se obtiene el valor del porcentaje (guardado en el resultado de la predicción) para estas acciones y se toma el porcentaje mas alto. Esta será la acción realizada.

Una vez obtenida la acción realizada se calcula el numero de cartas requeridas para esa acción, y se repite el proceso para cada una de las cartas (se busca en el array de valores predichos por la red neuronal los porcentajes mas altos para las cartas posibles dentro de las cartas en mano).

Por último, ya con todos los datos obtenidos, se forma el array de la acción realizada por la red neuronal, llenando los espacios extra con 0 para seguir el patrón establecido.

## Diseño de la Interfaz

La interfaz gráfica se compone de una única pantalla en la que el usuario tiene una visión parcial de la situación actual del tablero.

Se compone de una matriz de 7x7 casillas donde cada fila corresponde a un conjunto diferente de datos que explicaremos a continuación.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama, Aplicación, Teams

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.15 - Ejemplo de interfaz de usuario

### Acciones del adversario

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 6.16 - Ejemplo de acciones del adversario sin utilizar

Al inicio de la partida el adversario no habrá utilizado ninguna de las acciones, por lo que se mostraran todas en un color oscuro indicando esto tal y como se muestra en la Ilustración 6.16 - Ejemplo de acciones del adversario sin utilizar.

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 6.17 - Ejemplo de acciones del adversario utilizadas

Cuando el adversario utilice alguna acción esta pasará a estar en un color azul más claro.

Existe un espacio entre la acción de Secreto y la acción de Renuncia que representa la carta que el adversario haya usado para la acción de Secreto. Si no se ha utilizado el hueco estará vacío, mientras que si se ha utilizado aparecerá una carta gris, ya que es una carta oculta y el jugador no puede saber que carta es.

También existen dos espacios entre la acción de Renuncia y la de Regalo que representan las dos cartas de Renuncia del adversario en caso de haber usado ya esta acción al igual que con la carta de secreto.

### Guerreras, armas usadas y favor

Imagen de la pantalla de un video juego

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 6.18 - Ejemplo de visualización de las guerreras

Estas 3 filas están orientadas, es decir, la parte superior corresponde al adversario y la parte inferior corresponde al jugador.

La fila del medio representa a las guerreras, y el marcador central representan su favor actual. Al inicio de la partida este favor estará siempre en el centro representando que son neutrales. Sin embargo, tras la primera ronda, si ningún jugador ha ganado el favor cambiará dependiendo de las acciones de la ronda anterior de manera que estará en la parte superior de la carta de la guerrera en caso de que esa guerrera este a favor del adversario (Ilustración 6.19 - Ejemplo de guerrera con el favor del adversario) o en la parte inferior en caso de este a favor del jugador (Ilustración 6.20 - Ejemplo de guerrera con el favor del jugador).

|  |  |
| --- | --- |
| Un dibujo de una persona  Descripción generada automáticamente con confianza media  Ilustración 6.19 - Ejemplo de guerrera con el favor del adversario | Imagen que contiene monitor, reloj, pantalla, firmar  Descripción generada automáticamente  Ilustración 6.20 - Ejemplo de guerrera con el favor del jugador |
|  |  |

Los marcadores numéricos que aparecen encima y debajo de las cartas de las guerreras representan el número de cartas que cada jugador ha jugador en favor de esa guerrera durante esta ronda. Los marcadores superiores corresponden al adversario y los inferiores al jugador. Hay que tener en cuenta, las acciones de Secreto y Renuncia guardan las cartas en la parte de acciones usadas y no se tienen en cuenta hasta el final de la ronda.

### Acciones del jugador

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.21 - Ejemplo de acciones del jugador sin utilizar

Esta fila es muy similar a la de acciones del adversario al inicio, pero tiene dos diferencias fundamentales. Para empezar las acciones son interactivas, por lo que el usuario puede pulsar encima de ellas para seleccionarla. Cuando se seleccione una acción aparecerá marcada más abajo. Si se desea se puede cambiar de acción seleccionando una diferente, además seleccionar de nuevo una acción reinicia las cartas que hayan sido seleccionadas para esta acción.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ilustración 6.22 - Ejemplo de acciones del jugador utilizadas

Al igual que con las acciones del adversario cuando ya han sido utilizadas en esta ronda se marcan en azul más claro, pero a diferencia del adversario en esta ocasión si se podrán ver las cartas seleccionadas para las acciones de Secreto y Renuncia. Además, las acciones utilizadas dejan de ser interactivas, ya que el usuario no puede volver a utilizarlas.

Un dibujo de una persona

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 6.23 - Ejemplo de acciones del jugador bloqueadas

Cuando el jugador se encuentre con una acción de decisión en la que tenga que elegir cartas del adversario, las acciones del jugador quedarán bloqueadas, tornándose en un tono más grisáceo, pero mostrando diferencia entre las acciones usadas y no usadas, así como las cartas usadas para las acciones de Secreto y Renuncia para poder tomar una decisión con toda la información del tablero.

### Mano del jugador

Pintura de un reloj

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ilustración 6.24 - Ejemplo de mano del jugador con todas las cartas disponibles

En esta fila encontramos las cartas que tiene en la mano el jugador. El color y el símbolo representan a que guerrera corresponden. Estas cartas son interactivas, para poder seleccionarlas hay que haber elegido antes una acción, y dependiendo de la acción elegida se podrán seleccionar un numero distinto de cartas.

Interfaz de usuario gráfica, Gráfico

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.25 - Ejemplo de mano del jugador con cartas seleccionadas

Cuando se seleccione alguna carta esta quedará bloqueada, de manera que no se podrá volver a seleccionar. Si se desea cambiar de cartas se puede volver a seleccionar la acción borrando así las cartas seleccionadas.

Un dibujo de una persona

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ilustración 6.26 - Ejemplo de mano del jugador bloqueada

Cuando el jugador se encuentre con una acción de decisión en la que tenga que elegir cartas del adversario, las cartas del jugador quedarán bloqueadas al igual que las acciones.

### Acción elegida

Imagen que contiene reloj, objeto, pantalla, tabla

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.27 - Ejemplo de acción elegida

Esta fila aparecerá en un principio vacía, pero irá cambiando, dependiendo de la acción y las cartas que seleccione el jugador. No es interactiva, ya que el jugador no puede pulsar en ninguna casilla. En caso de que el jugador tenga que realizar una acción de decisión esta aparecerá en esta fila.

#### Acción por realizar

En la primera casilla se muestra la acción que ha seleccionado el jugador. A continuación, se muestran las cartas que ha seleccionado el jugador. Es importante destacar que para la acción de Competición el orden en el que se seleccionen las cartas tiene relevancia, ya que las dos primeras formarán un grupo y las dos segundas el otro grupo. Para el resto de las acciones el orden es indiferente.

#### Acción de decisión

Pantalla de video juego

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ilustración 6.28 - Ejemplo de acción de decisión

Cuando el jugador tenga que realizar una acción de decisión en el lugar de la acción aparecerá una breve descripción de lo que debe hacer. En caso de ser una acción de Regalo tendrá que seleccionar una carta de las 3, la cual aparecerá bloqueada después de ser seleccionada, pudiendo seleccionar cualquiera de las otras dos si el jugador cambia de opinión.

En caso de ser una acción de Competición el jugador podrá elegir entre el grupo de las dos primeras o el grupo de las dos últimas. Al pulsar sobre una carta se quedan marcadas las dos cartas de ese grupo, pudiendo cambiar de grupo en caso de cambio de opinión.

### Botón de aceptar

En último lugar tenemos el botón de aceptar, este botón aparece únicamente cuando el jugador ha seleccionado una acción y el correspondiente grupo de cargas o ha seleccionado las cartas que desea en la acción de decisión. En caso de que el jugador cambie de acción y las cartas seleccionadas se reinicien el botón desaparecerá hasta que el jugador vuelva a seleccionar el numero correcto de cartas.

Al pulsar este botón la acción queda registrada y se envía a la aplicación, para que el adversario realice su acción y le vuelva a tocar el turno al jugador.

### Pantalla de información final

Cuando se acaba la partida se cierra la pantalla principal y aparece una pequeña ventana anunciando el resultado de la partida.

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Ilustración 6.29 - Ventana de información de resultado

# Implementación del Sistema

En esta sección se va a realizar una descripción de los estándares, lenguajes de programación, herramientas y programas utilizados para la implementación del sistema, así como una descripción del proceso de creación.

## Estándares y Normas Seguidos

A continuación, se van a describir brevemente los estándares utilizados en la aplicación para su desarrollo.

### Arquitectura de N-capas

La arquitectura basada en capas consiste en una diferenciación de roles de forma jerárquica. En el caso de este proyecto se ha implementado gracias a la separación de los 3 módulos existentes:

* Módulo de interfaz
* Módulo de controladores
* Módulo de la red neuronal

Para el caso de este proyecto, el módulo de controladores es el eje central, esta capa se comunica con el módulo de la red neuronal y con el módulo de la interfaz, pero estas últimas capas no pueden comunicarse entre sí.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 7.1 - Representación del modelo de n-capas de la aplicación

### Estándar de mensajería CSV

El formato CSV (*Comma Separated Value*, o Valores Separados por Comas) es un formato muy utilizado para intercambio de información entre bases de datos o aplicaciones.

En esta aplicación se ha utilizado el formato CSV para guardar los datos generados por las simulaciones de partidas.

Este formato tiene una gran ventaja en la integración con sistemas de Python y el uso de las redes neuronales.

## Lenguajes de Programación

En esta sección se va a describir el lenguaje de programación usados, su versión y algunas librerías importantes dentro del mismo.

### Python

Se ha utilizado Python en la versión 3.7.9 en todo el proyecto. Como ya se comentó en la sección 2.2 Evaluación de alternativas tecnológicas, al utilizar la librería TensorFlow para la implementación de la red neuronal, que está disponible para Python, se decidió utilizar este lenguaje de programación para toda la aplicación, incluyendo el Módulo de interfaz y el Módulo de controladores.

#### Librería TensorFlow

Esta librería ha sido un pilar fundamental en la implementación de la aplicación. Se ha utilizado la versión 2.3.0 para Python.

## Herramientas y Programas Usados para el Desarrollo

En este apartado vamos a describir los programas que se han utilizado para facilitar el desarrollo de la aplicación y el seguimiento del proyecto.

### Anaconda

[Anaconda](https://www.anaconda.com/) es un programa de distribución libre y abierta​ que se utilizada mucho en ciencia de datos, y aprendizaje automático. Permite tener un control sobre las librerías y aplicaciones del entorno, así como sus versiones. En el caso de este proyecto toda la configuración de anaconda está guardada en el archivo anaconda.yamltal y como se indica en el apartado del Despliegue del entorno.



Ilustración 7.2 - Logotipo del programa Anaconda

### Spyder

[Spyder](https://www.spyder-ide.org/) es un entorno de desarrollo integrado multiplataforma de código abierto para programación científica en el lenguaje Python. Es uno de los programas que vienen integrados con Anaconda y es muy útil para utilizar las librerías instaladas en Anaconda.

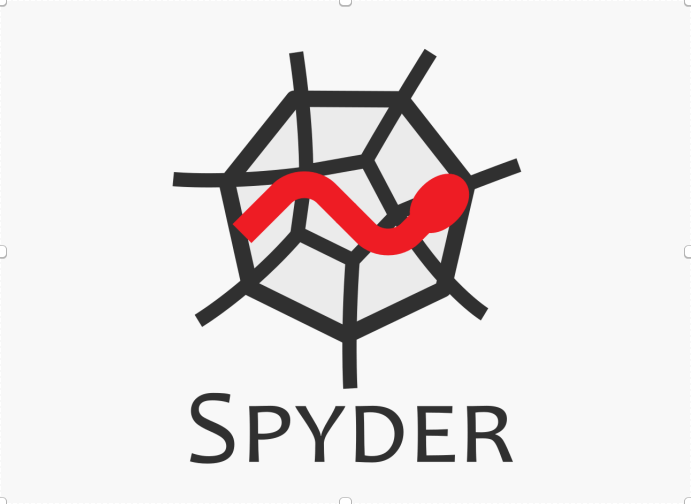


Ilustración 7.3 - Logotipo del programa Spyder

### Sourcetree

[Sourcetree](https://www.sourcetreeapp.com/) es un programa de administración de repositorios que utiliza [git](https://git-scm.com/) para gestionar las versiones de un proyecto. Para este proyecto se ha creado un repositorio de git subido en [github](https://github.com/samuelmorenov/El-Favor-de-las-Guerreras) en el que están todos los cambios por los que ha pasado el proyecto.



Ilustración 7.4 - Logotipo del programa Sourcetree

### Gimp

[Gimp](http://www.gimp.org.es/) es un programa de edición de imágenes libre y gratuito. Forma parte del proyecto GNU. En este proyecto se ha utilizado para poder modificar y crear las imágenes usadas tanto en la aplicación como en la documentación.



Ilustración 7.5 - Logotipo del programa Gimp

## Creación del Sistema

En esta sección se van a detallar los aspectos que nos hemos encontrado durante el desarrollo del proyecto

### Problemas Encontrados

A continuación, se van a describir los problemas encontrados.

#### Desconocimiento sobre la realización del diseño de una red neuronal

Aunque desde un principio el aprendizaje sobre redes neuronales estaba contemplado, resultó más complicado de lo previsto. Aunque ya se conocían términos y conceptos básicos sobre las redes neuronales a nivel divulgativo, esta información estaba muy alejada al conocimiento necesario para la implementación desde cero de una red neuronal.

Caben destacar dos campos importantes donde se notó una falta de conocimiento.

En primer lugar, la transformación de los conceptos básicos sobre redes neuronales en su uso con herramientas como TensorFlow. Una vez se había aprendido como se implementa una red neuronal, a la hora de hacerlo también había que conocer la librería y los parámetros con los que se maneja para poder transformar un diseño en un desarrollo.

En segundo lugar, a la hora de diseñar una red neuronal no es suficiente con tener un conocimiento del funcionamiento de estas, se requiere una experiencia, ya que para obtener un resultado satisfactorio se debe realizar un diseño apropiado. Desgraciadamente para realizar ese diseño no existe una metodología común a todos los desarrollos, por lo que requiere “intuición” para realizar un diseño que funcione en el ámbito deseado, y esa “intuición" solo se obtiene con la experiencia de haber realizado muchos proyectos similares.

#### Poca experiencia en el lenguaje de programación utilizado

Aunque desde un principio se conocía que la decisión de utilizar Python, y era del Uso de lenguajes de programación en los que se tiene menos experiencia era una de las motivaciones, era un riesgo, por lo que cabe destacarlo en este apartado. No fue un problema que retrasase el desarrollo del proyecto, pero fue una dificultad con la que se tuvo que lidiar.

#### Problemas en los resultados obtenidos

Una vez realizado el desarrollo y la implementación del proyecto no se ha podido realizar una de las motivaciones del proyecto: Buscar patrones ganadores dentro del juego de cartas. En el resultado final de la aplicación no se han podido encontrar patrones claro que haya desarrollado la red neuronal.

Hay diferentes posibles causas por la que se puede haber dado este problema, y no está claro cuál de ellas ha sido o si ha sido el conjunto de todas.

Para empezar el uso de la clase ControladorBot (ver: Tabla 6.4 - Descripción de la clase ControladorBot) para la generación de datos supone un posible problema. Al ser este “Bot” un generador de acciones aleatorias, es posible que los datos generados, aunque se guarden solo aquellos de las partidas ganadas, no sean suficientemente coherentes como para llegar a obtener patrones de victoria. Es decir, que estos datos pueden resultar en que la red neuronal aprenda a realizar acciones aleatorias en vez de acciones que la lleven a la victoria. Este problema tiene dos posibles soluciones, utilizar otros datos de entrenamiento (posible ampliación, ver: Nuevo entrenamiento con datos obtenido de jugadas realizadas por jugadores humanos), o bien cambiar el enfoque del entrenamiento de la red neuronal (ver: Nuevo modo de entrenamiento con redes neuronales adversarias).

Otra posible causa es un mal diseño de la red neuronal. Como se ha mencionado anteriormente, al realizar este proyecto se tenía un Desconocimiento sobre la realización del diseño de una red neuronal. Esta posible causa requeriría de un aprendizaje y obtención de experiencia en la implementación de redes neuronales a base de la realización de varios proyectos de esta temática. Por eso se deja abierta la posibilidad de un Nuevo diseño de la red neuronal en el futuro, si se ha obtenido la experiencia suficiente como para poder realizar un mejor diseño.

Por último, existe la posibilidad de que realmente el juego no tenga patrones ganadores. Al ser un juego de cartas en el que el azar y la interacción con el adversario juegan un papel fundamental, puede que no existan patrones como en el Ajedrez o en el Go que supongan una ventaja para el jugador y una manera más fácil de obtener la victoria. Ya que es un juego poco conocido, aunque es divertido, la victoria puede ser una cuestión de suerte y de intentar engañar al rival para que se piense que las cartas ocultas que has jugado sean unas que te beneficien, y estos parámetros no son aplicables al caso del desarrollo de este proyecto.

### Descripción Detallada de las Clases

Las clases del proyecto pueden encontrarse en el fichero adjunto.

En la ruta \src\main\pythonse encuentran las clases de implementación de la aplicación.

En la ruta \src\main\recursos se encuentran los ficheros estáticos y de configuración de la aplicación.

En la ruta \src\test\pythonse encuentran las clases de las pruebas unitarias de la aplicación.

En la ruta \data\model se encuentran los ficheros .h5 con el modelo y los pesos del modelo de la red neuronal.

# Desarrollo de las Pruebas

En este capítulo se va a describir el diseño y resultado de las pruebas realizadas.

## Pruebas Unitarias

A continuación, se van a describir el diseño y el estado de las pruebas unitarias realizadas.

### Pruebas del controlador del Bot

Estas pruebas corresponden a la clase ControladorBot, separadas por los métodos a probar.

#### Método: seleccionar acción

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| 4 acciones libres con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 7 cartas distintas en la mano a elegir. Devuelve una acción cualquiera con cartas existentes en la mano. | 1 | Correcto | OK |
| 4 acciones libres con 4 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 4 cartas iguales en la mano a elegir. Devuelve una acción con la carta repetida de la mano. | 2 | Correcto | OK |
| 4 acciones libres con 0 cartas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 0 cartas en la mano a elegir. Devuelve una excepción al no poder seleccionar ninguna carta. | 3 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 1 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Secreto libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción Secreto con cartas existentes en la mano. | 4 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 1 con 1 carta para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Secreto libre y tiene solo 1 carta en mano a elegir. Devuelve la acción Secreto con la carta de la mano. | 5 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 2 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Renuncia libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción 2 con cartas existentes en la mano. | 6 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 2 con 2 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Renuncia libre y tiene solo 2 cartas, las 2 iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción 2 con las cartas de la mano. | 7 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 3 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Regalo libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción 3 con cartas existentes en la mano. | 8 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 3 con 3 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Regalo libre y tiene solo 3 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción 3 con las cartas de la mano. | 9 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 4 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Competición libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción 4 con cartas existentes en la mano. | 10 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 4 con 4 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Competición libre y tiene solo 4 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción 4 con las cartas de la mano. | 11 | Correcto | OK |
| Sin acciones libres. | El método recibe un tablero de entrada en el que no tiene acciones libres y tiene solo 4 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve una excepción. | 12 | Excepción | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: seleccionar acción

#### Método: seleccionar acción selección

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Es de tipo 3 con todas las cartas son distintas. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene todas las cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con una de las cartas posibles. | 13 | Correcto | OK |
| Es de tipo 3 con algunas cartas iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene dos cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con una de las cartas posibles. | 14 | Correcto | OK |
| Es de tipo 3 con todas las cartas son iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene las tres cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con la única carta posible. | 15 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Es de tipo 4 con las opciones distintas. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Competición y tiene las dos opciones distintas. Devuelve la acción de selección 4 con una de las opciones posible. | 16 | Correcto | OK |
| Es de tipo 4 con las opciones iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Competición y tiene las dos opciones iguales. Devuelve la acción de selección 4 con la opción posible. | 17 | Correcto | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: seleccionar acción selección

### Pruebas del controlador de la Red Neuronal

Estas pruebas corresponden a la clase ControladorRedNeuronal, separadas por los métodos a probar.

#### Método: seleccionar acción

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| 4 acciones libres con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 7 cartas distintas en la mano a elegir. Devuelve una acción cualquiera con cartas existentes en la mano. | 18 | Correcto | OK |
| 4 acciones libres con 4 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 4 cartas iguales en la mano a elegir. Devuelve una acción con la carta repetida de la mano. | 19 | Correcto | OK |
| 4 acciones libres con 0 cartas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que las 4 acciones están disponibles y tiene 0 cartas en la mano a elegir. Devuelve una excepción al no poder seleccionar ninguna carta. | 20 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 1 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Secreto libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción Secreto con cartas existentes en la mano. | 21 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 1 con 1 carta para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Secreto libre y tiene solo 1 carta en mano a elegir. Devuelve la acción Secreto con la carta de la mano. | 22 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 2 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Renuncia libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción Renuncia con cartas existentes en la mano. | 23 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 2 con 2 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Renuncia libre y tiene solo 2 cartas, las 2 iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción Renuncia con las cartas de la mano. | 24 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 3 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Regalo libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción Regalo con cartas existentes en la mano. | 25 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 3 con 3 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Regalo libre y tiene solo 3 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción Regalo con las cartas de la mano. | 26 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción libre de tipo 4 con 7 cartas distintas para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Competición libre y tiene 7 cartas distintas en mano a elegir. Devuelve la acción Competición con cartas existentes en la mano. | 27 | Correcto | OK |
| Acción libre de tipo 4 con 4 cartas iguales para elegir. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene solo la acción de tipo Competición libre y tiene solo 4 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve la acción Competición con las cartas de la mano. | 28 | Correcto | OK |
| Sin acciones libres. | El método recibe un tablero de entrada en el que no tiene acciones libres y tiene solo 4 cartas, todas iguales, en mano a elegir. Devuelve una excepción. | 29 | Excepción | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: seleccionar acción

#### Método: seleccionar acción selección

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Es de tipo 3 con todas las cartas son distintas. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene todas las cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con una de las cartas posibles. | 30 | Correcto | OK |
| Es de tipo 3 con algunas cartas iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene dos cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con una de las cartas posibles. | 31 | Correcto | OK |
| Es de tipo 3 con todas las cartas son iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Regalo y tiene las tres cartas iguales. Devuelve la acción de selección Regalo con la única carta posible. | 32 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Es de tipo 4 con las opciones distintas. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Competición y tiene las dos opciones distintas. Devuelve la acción de selección Competición con una de las opciones posible. | 33 | Correcto | OK |
| Es de tipo 4 con las opciones iguales. | El método recibe un tablero de entrada en el que tiene la acción de selección de tipo Competición y tiene las dos opciones iguales. Devuelve la acción de selección Competición con la opción posible. | 34 | Correcto | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: seleccionar acción selección

### Pruebas del controlador del Tablero

Estas pruebas corresponden a la clase ControladorTablero, separadas por los métodos a probar.

#### Método: crear tablero

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Todo vacío. | Al crear un tablero nuevo y guarda la matriz completamente vacía. | 35 | Correcto | OK |

Tabla . - método: crear tablero

#### Método: iniciar ronda

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Primera ronda y todo vacío excepto las manos de los jugadores. | Se inicia la ronda siendo la primera ronda. Guarda la matriz del tablero con todo vacío a excepción de las manos de ambos jugadores. | 36 | Correcto | OK |
| No primera ronda y todo vacío excepto las manos de los jugadores y el favor. | Se inicia ronda siendo la segunda ronda o posterior. Guarda la matriz del tablero con todo vacío a excepción de las manos de ambos jugadores y el favor de las guerreras. | 37 | Correcto | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: iniciar ronda

#### Método: vista del tablero

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Inicio primera ronda, comprobar que se ve la mano del jugador. | Cuando el tablero está en la situación de la primera ronda, devuelve una vista en la que se ven las cartas de la mano del jugador. | 36 | Correcto | OK |
| Inicio primera ronda, comprobar que no se ve la mano del adversario. | Cuando el tablero está en la situación de la primera ronda, devuelve una vista en la que se ven las cartas de la mano del jugador. | 36 | Correcto | OK |
| Inicio primera ronda, comprobar que todo lo demás está vacío. | Cuando el tablero está en la situación de la primera ronda, devuelve una vista en la que se ve vacío las acciones realizadas, el favor de las guerreras y las armas usadas. | 36 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Mitad de la segunda ronda, comprobar que se ve la mano del jugador. | Cuando el tablero está en la situación de la mitad de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las cartas de la mano del jugador. | 38 | Correcto | OK |
| Mitad de la segunda ronda, comprobar que no se ve la mano del adversario. | Cuando el tablero está en la situación de la mitad de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las cartas de la mano del jugador. | 38 | Correcto | OK |
| Mitad de la segunda ronda, comprobar que hay acciones realizadas por ambos jugadores. | Cuando el tablero está en la situación de la mitad de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las acciones realizadas por ambos jugadores. | 38 | Correcto | OK |
| Mitad de la segunda ronda, comprobar que se ven las armas en las guerreras. | Cuando el tablero está en la situación de la mitad de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las armas usadas por cada jugador. | 38 | Correcto | OK |
| Mitad de la segunda ronda, comprobar que se ve el favor de las guerreras. | Cuando el tablero está en la situación de la mitad de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ve el favor de las guerreras. | 38 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que mano del jugador vacía. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ve la mano del jugador vacía. | 39 | Correcto | OK |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que no se ve la mano del adversario. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que no se ve la mano del adversario. | 39 | Correcto | OK |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que se ven las cartas de las acciones del jugador. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las acciones realizadas por el jugador. | 39 | Correcto | OK |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que se ven las acciones del adversario, pero no las cartas. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las acciones usadas por el adversario, pero no se ven las cartas que han sido usadas en las acciones Secreto y Renuncia. | 39 | Correcto | OK |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que se ven las armas en las guerreras. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ven las armas usadas por cada jugador. | 39 | Correcto | OK |
| Fin de la segunda ronda, comprobar que se ve el favor de las guerreras. | Cuando el tablero está en la situación del final de la segunda ronda, devuelve una vista en la que se ve el favor de las guerreras. | 39 | Correcto | OK |
|  |  |  |  |  |
| Con acción pendiente de selección de tipo 3. | Cuando el tablero está en la situación de que el jugador tiene que realizar una acción de selección pendiente de tipo Regalo, devuelve una vista en la que se ve dicha acción pendiente. | 40 | Correcto | OK |
| Con acción pendiente de selección de tipo 4. | Cuando el tablero está en la situación de que el jugador tiene que realizar una acción de selección pendiente de tipo Competición, devuelve una vista en la que se ve dicha acción pendiente. | 41 | Correcto | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: vista del tablero

#### Método: robar carta

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Tiene la mano con un solo hueco. | Cuando se llama a esta acción y el jugador tiene un hueco no devuelve una excepción. | 42 | Correcto | OK |
| Tiene la mano llena. | Cuando se llama a esta acción y el jugador tiene la mano llena devuelve una excepción. | 43 | Excepción | OK |
| El mazo está vacío. | Cuando se llama a esta acción y el mazo de cartas está vacío devuelve una excepción. | 44 | Excepción | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: robar carta

#### Método: realizar acción

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Prueba | Descripción | Numero de caso | Resultado esperado | Estado de la prueba |
| Acción de tipo secreto y el tipo de acción está disponible. | Se realiza una acción de tipo Secreto para un tablero en el que está disponible y se comprueba que se ha realizado. | 45 | Correcto | OK |
| Acción de tipo secreto y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de tipo Secreto bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 45 | Correcto | OK |
| Acción de tipo secreto y el tipo de acción no está disponible. | Se realiza una acción de tipo Secreto para un tablero en el que no está disponible y devuelve una excepción. | 46 | Excepción | OK |
| Acción de tipo secreto y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de tipo Secreto que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 47 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción de tipo renuncia y el tipo de acción está disponible. | Se realiza una acción de tipo Renuncia para un tablero en el que está disponible y se comprueba que se ha realizado. | 48 | Correcto | OK |
| Acción de tipo renuncia y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de tipo Renuncia bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 48 | Correcto | OK |
| Acción de tipo renuncia y el tipo de acción no está disponible. | Se realiza una acción de tipo Renuncia para un tablero en el que no está disponible y devuelve una excepción. | 49 | Excepción | OK |
| Acción de tipo renuncia y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de tipo Renuncia que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 50 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción de tipo regalo y el tipo de acción está disponible. | Se realiza una acción de tipo Regalo para un tablero en el que está disponible y se comprueba que se ha realizado. | 51 | Correcto | OK |
| Acción de tipo regalo y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de tipo Regalo bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 51 | Correcto | OK |
| Acción de tipo regalo y el tipo de acción no está disponible. | Se realiza una acción de tipo Regalo para un tablero en el que no está disponible y devuelve una excepción. | 52 | Excepción | OK |
| Acción de tipo regalo y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de tipo Regalo que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 53 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción de tipo competición y el tipo de acción está disponible. | Se realiza una acción de tipo Competición para un tablero en el que está disponible y se comprueba que se ha realizado. | 54 | Correcto | OK |
| Acción de tipo competición y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de tipo Competición bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 54 | Correcto | OK |
| Acción de tipo competición y el tipo de acción no está disponible. | Se realiza una acción de tipo Competición para un tablero en el que no está disponible y devuelve una excepción. | 55 | Excepción | OK |
| Acción de tipo competición y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de tipo Competición que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 56 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción de tipo decisión regalo y el tipo de acción es el esperado. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Regalo para un tablero en el que está a la espera de esa acción y se comprueba que se ha realizado. | 57 | Correcto | OK |
| Acción de tipo decisión regalo y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Regalo bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 57 | Correcto | OK |
| Acción de tipo decisión regalo y el tipo de acción no es el esperado. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Regalo para un tablero en el que no está a la espera de esa acción y devuelve una excepción. | 58 | Excepción | OK |
| Acción de tipo decisión regalo y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Regalo que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 59 | Excepción | OK |
|  |  |  |  |  |
| Acción de tipo decisión competición y el tipo de acción es el esperado. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Competición para un tablero en el que está a la espera de esa acción y se comprueba que se ha realizado. | 60 | Correcto | OK |
| Acción de tipo decisión competición y la acción está bien formada. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Competición bien formada y se comprueba que se ha realizado. | 60 | Correcto | OK |
| Acción de tipo decisión competición y el tipo de acción no es el esperado. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Competición para un tablero en el que no está a la espera de esa acción y devuelve una excepción. | 61 | Excepción | OK |
| Acción de tipo decisión competición y la acción tiene un numero incorrecto de cartas. | Se realiza una acción de selección pendiente de tipo Competición que contiene un numero incorrecto de cartas y devuelve una excepción. | 62 | Excepción | OK |

Tabla . - Pruebas para el método: realizar acción

## Pruebas de Integración y del Sistema

En este apartado se van a describir las pruebas de integración y del sistema relacionadas a los casos de uso descritos en el apartado de Especificación de Casos de Uso.

### Pruebas para los Casos de uso para el Usuario Jugador

Pruebas relacionadas a los Casos de uso para el Usuario Jugador.

#### Pruebas del Caso de Uso: Seleccionar acción

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Seleccionar acción.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Seleccionar acción*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá visualizar que acciones tiene disponibles. | Se pueden ver en todo momento las acciones utilizadas y libres están visibles en todo momento. | Superada. |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| Seleccionar una de las acciones libres para poder crear la acción completa. | Al pulsar sobre una acción marcada como libre esta acción se mostrará en la zona de acción seleccionada. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar acción

#### Pruebas del Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá seleccionar una acción nueva para cambiar la seleccionada anteriormente. | Al pulsar sobre otra acción marcada como libre esta acción sustituirá a la seleccionada anteriormente, borrando las cartas seleccionadas en dicha acción. | Superada. |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá seleccionar la misma acción de nuevo. | Al pulsar sobre la misma acción ya seleccionada, esta acción se mostrará en la zona de acción seleccionada, borrando las cartas seleccionadas en dicha acción. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Cambiar acción seleccionada

#### Pruebas del Caso de Uso: Selecciona cartas

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Seleccionar cartas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso:*** Seleccionar cartas | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá seleccionar desde su mano las cartas necesarias para completar la acción. | Al pulsar sobre una carta de arma de la mano, dicha carta aparecerá como bloqueada y se mostrará en la sección de acción seleccionada. | Superada. |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| No se pueden seleccionar más cartas de las requeridas | Una vez seleccionado el número requerido de cartas para una acción, al pulsar sobre una carta nueva no ocurrirá nada. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar cartas

#### Pruebas del Caso de Uso: Enviar acción

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Enviar acción.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Enviar acción*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá enviar la acción seleccionada. | Una vez seleccionada la acción con su número exacto de cartas, aparecerá el botón de Aceptar. Esto hará que se envíe la acción seleccionada y se cargue el resultado junto a la acción del adversario. | Superada. |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| Esta opción solo estará disponible cuando el usuario haya seleccionado una acción completa. | Si la acción no está seleccionada o el número de cartas para la acción seleccionada es incorrecto, el botón de Aceptar no aparecerá, y en caso de estar anteriormente se ocultará. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Enviar acción

#### Pruebas del Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| El usuario podrá seleccionar las cartas de una acción que es del adversario y requiera su interacción. | Cuando el adversario seleccione una acción de Regalo o Competición que requiera interacción por parte del jugador, aparecerá la acción de selección en la pantalla y el jugador podrá seleccionar la opción que desee. Una vez seleccionada aparecerá el botón *Aceptar.* | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Seleccionar cartas acción pendiente

### Pruebas para los Casos de uso para el encargado del entrenamiento

Pruebas relacionadas a los Casos de uso para el encargado del entrenamiento.

#### Pruebas del Caso de Uso: Generar datos de prueba

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Generar datos de prueba.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Generar datos de prueba*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| Generación de nuevo datos de pruebas | Al ejecutar la aplicación en modo de generación de datos, se simularán el número de partidas parametrizado, generando dos ficheros con las jugadas de las partidas ganadas. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Generar datos de prueba

#### Pruebas del Caso de Uso: Entrenar modelo

Pruebas relacionadas al Caso de Uso: Entrenar modelo.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Caso de Uso: Entrenar modelo*** | |  |
| **Prueba** | **Resultado Esperado** | **Resultado Obtenido** |
| Entrenamiento de nuevo de la red neuronal con los datos generados. | El encargado del entrenamiento podrá generar unos nuevos valores para el modelo entrenándolo con los datos que desee (en principio serán los generados en el caso de uso anterior), de manera que la aplicación quedará configurada para funcionar con esos nuevos valores a partir de ese momento. | Superada. |

Tabla . - Descripción de las pruebas del Caso de Uso: Entrenar modelo

## Pruebas de Rendimiento

A continuación, se van a detallar las pruebas de rendimiento que se han realizado.

Para las pruebas de rendimiento se ha utilizado un ordenador con las siguientes características:

* Procesador: Intel Core i7-4790K 4.0Ghz
* RAM: G.Skill Ripjaws X DDR3 1600 PC3-12800 16GB (2x4GB CL7 + 1x8GG CL9)
* Disco duro 1: SanDisk Ultra II SSD 120GB SATA3

### Rendimiento en generación de datos

Dentro del rendimiento de la generación de datos se puede observar la respuesta de la parte de la aplicación compuesta por los controladores de partida, tablero, generación de datos y Bot. Para probar el rendimiento de la generación de datos se realizó una generación de 100.000 partidas simuladas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

INFO:root:Partidas simuladas: 100000

2022-05-26 20:54:12,633 [MainThread ] [INFO ] Duracion del programa: 1643 segundos.

2022-05-26 20:54:12,634 [MainThread ] [INFO ] Fin del programa.

De aquí podemos observar que las 100.000 partidas simuladas llevaron un tiempo total de 27 minutos y 23 segundos. Como las simulaciones se hacen de forma secuencial, esto supone un promedio de 0.016 segundos por partida simulada.

Además, se ha generado un total de 1.159.560 jugadas ganadoras. Haciendo un promedio de que por cada partida el 50% de las jugadas son ganadoras, nos quedaría un aproximado de 2.320.000 jugadas ejecutadas en 27 minutos y 23 segundos. Esto hace un tiempo promedio de 0.0007 segundos por acción.

### Rendimiento en entrenamiento de la red neuronal

Siguiendo con los datos del punto anterior. Para entrenar a la red neuronal se utilizaron las 1.159.560 jugadas ganadoras con sus respectivos 1.159.560 tableros de entrada.

Para estos datos el entrenamiento se obtuvieron los siguientes resultados:

2022-05-26 224634,291 [MainThread ] [INFO ] Duracion del programa 6609 segundos.

2022-05-26 224634,292 [MainThread ] [INFO ] Fin del programa.

Lo que supone un tiempo total de entrenamiento de 1 hora, 50 minutos y 9 segundos.

### Rendimiento en la ejecución de las pruebas

El rendimiento de la ejecución de las pruebas se va a utilizar más adelante para el cálculo de la respuesta de la red neuronal a una petición de predicción.

En el caso del rendimiento general, el resultado de la ejecución de todas las pruebas unitarias definidas en el apartado 8.1 Pruebas Unitarias es el siguiente:

Ran 62 tests in 5.407s

Teniendo en cuenta que cada prueba es muy diferente, es complicado obtener valores objetivos para estas pruebas.

### Rendimiento en la respuesta de la red neuronal

Tal y como se ha hablado en el apartado anterior, para el cálculo del rendimiento de la respuesta de la red neuronal se va a utilizar las pruebas unitarias. En concreto se va a utilizar la prueba 19 definida en el apartado Método: seleccionar acción.

Tras ejecutar esta prueba un total de 10 veces se ha obtenido estos resultados:

* Ran 1 test in 0.239s
* Ran 1 test in 0.196s
* Ran 1 test in 0.190s
* Ran 1 test in 0.204s
* Ran 1 test in 0.287s
* Ran 1 test in 0.193s
* Ran 1 test in 0.259s
* Ran 1 test in 0.264s
* Ran 1 test in 0.189s
* Ran 1 test in 0.187s

Con estos datos podemos calcular un promedio de 0.22 segundos de rendimiento en la respuesta. Este resultado supone un retraso en la carga de datos de la pantalla del jugador de sobras asumible.

# Manuales del Sistema

En este capítulo se va a realizar la descripción de los manuales de despliegue, ejecución, para el usuario y el programador.

## Despliegue del entorno

Descargar en instalar [Anaconda](https://www.anaconda.com/products/individual)

Una vez instalado Anaconda, desde la aplicación de promt de anaconda Anaconda Prompt crear un entorno nuevo con el comando:

conda create --name <nombre del entorno>

Para activar el entorno creado ejecutar el comando:

conda activate <nombre del entorno>

Abrir el navegador de Anaconda Anaconda Navigator, en Aplications on seleccionar el entorno creado. A continuación, abrir la sección Environments y buscar e importar el archivo anaconda.yaml para que se instalen las librerías necesarias.

## Ejecución y configuración

Para la ejecución de la aplicación abrir el programa Spyder instalado dentro de Anaconda

[Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente con confianza baja](https://github.com/samuelmorenov/El-Favor-de-las-Guerreras/blob/main/doc/images/spyder.png)

Ilustración 9.1 - Apariencia de la aplicación Spyder en Anaconda

Desde Spyder abrir el archivo main.py que está en \src\main\python y pulsar F5 para ejecutar.

Para cambiar la configuración, abrir el archivo param.properties que está en \src\main\resources. Hay 3 campos configurables:

* MODO: Para elegir entre
  + **Generar datos** (1)
  + **Entrenar a la red neuronal** (2)
  + **Jugar** (3)
* NUM\_SIMULACIONES: En caso de haber elegido el modo de generar datos, este número indica el número de partidas que se van a simular.
* DIFICULTAD: Para elegir entre
  + **Bot de acciones aleatorias** (1)
  + **Red neuronal entrenada** (2)

## Manual de Usuario

Una vez leídas las instrucciones del juego original de Hanamikoji descritas en el punto 3.1.1 Descripción y objetivo del juego original y teniendo en cuenta el Cambio de nomenclatura, se va a explicar la aplicación.

### Elementos del tablero

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Teams

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.2 - Imagen de la ventana de la aplicación

El tablero este compuesto por diferentes secciones, en las que aparecen diferentes cartas y contadores. Estas secciones corresponden a diferentes partes del juego original descrito en el punto 3.1.1 Descripción y objetivo del juego original. A continuación, se va a describir la analogía y comportamiento de cada una de estas secciones de forma detallada.

#### Favor de las guerreras

Esta sección (marcada en rojo en la Ilustración 9.3 - Sección del favor de las guerreras), corresponde a las 7 Cartas de Geisha con sus respectivos marcadores que se pueden ver en la Ilustración 3.1 - Ejemplo de preparación del tablero.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.3 - Sección del favor de las guerreras

Aquí se muestran las cartas de las guerreras, en las que se muestra en la esquina superior izquierda el número de armas totales relacionado a esta guerrera existente en el mazo de las guerreras. Esta relación se puede ver por el color del fondo de la carta y el arma que usa la guerrera de esta como se muestra en la Ilustración 9.4 - Relación entre guerreras y armas.

Un dibujo de un hombre con un reloj

Descripción generada automáticamente con confianza baja

Ilustración 9.4 - Relación entre guerreras y armas

#### Armas usadas

Durante la partida, las cartas usadas por las acciones de tipo Regalo y Competición se mostrarán como contadores encima y debajo de las cartas de las guerreras para marcar las del adversario y las del jugador respectivamente. Se pueden ver remarcadas en rojo en la Ilustración 9.5 - Sección de los marcadores de las armas usadas.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.5 - Sección de los marcadores de las armas usadas

#### Acciones del adversario

Las acciones realizadas por el adversario se mostrarán en la parte superior del tablero, tal y como se muestra en la Ilustración 9.6 - Sección de las acciones del adversario. Se marcarán con colores distintos según estén usadas (Ilustración 9.8 - Ejemplo de acción usada) o no (Ilustración 9.7 - Ejemplo de acción sin usar). Además, para las acciones de Secreto y Renuncia se mostrarán las cartas como ocultas a la derecha de dicha acción.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.6 - Sección de las acciones del adversario

|  |  |
| --- | --- |
| Diagrama  Descripción generada automáticamente  Ilustración 9.7 - Ejemplo de acción sin usar | Ilustración 9.8 - Ejemplo de acción usada |

#### Acciones del jugador

Al igual que las acciones del adversario, las acciones del jugador se marcarán con colores distintos según estén usadas (Ilustración 9.8 - Ejemplo de acción usada) o no (Ilustración 9.7 - Ejemplo de acción sin usar), con la diferencia de que las acciones disponibles serán botones que se pueden pulsar para poder seleccionar una acción tal y como se describe en el punto 9.3.2.1 Pasos para seleccionar una acción. Estas acciones estarán debajo de los marcadores de armas usados por el jugador, tal y como se muestra en la Ilustración 9.9 - Sección de las acciones del jugador. Además, para las acciones de Secreto y Renuncia se mostrarán las cartas con las que se realizó esa acción a la izquierda de esta.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.9 - Sección de las acciones del jugador

#### Mano del jugador

La mano del jugador constará de 0 a 7 cartas que se mostrarán debajo de la sección anterior (Acciones del jugador), tal y como se muestra remarcado en la Ilustración 9.10 - Sección de las cartas de la mano del jugador. Estas cartas se podrán pulsar una vez se ha seleccionado una acción para poder completar la acción tal y como se describe en el punto 9.3.2.1 Pasos para seleccionar una acción. Las cartas ya usadas quedarán deshabitadas mientras se termina de completar la acción.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.10 - Sección de las cartas de la mano del jugador

#### Acción actual

Una vez seleccionada una acción, esta aparecerá en la sección de la acción actual. Esta sección se encuentra debajo de las cartas de la mano del jugador, tal y como se muestra en la zona remarcada en la Ilustración 9.11 - Sección de la acción actual. En esta sección aparecerán también las cartas de la mano que el jugador vaya seleccionado. Una vez se ha seleccionado el numero de cartas necesarias aparecerá el botón de aceptar debajo. Cuando se pulse este botón se enviará la jugada seleccionada y la partida continuará.

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Ilustración 9.11 - Sección de la acción actual

### Comportamiento del tablero

Una vez vistos los Elementos del tablero y comprendidas las Reglas del juego original se va a describir el comportamiento del tablero en general.

Como la parte del juego de repartir las cartas y colocar las acciones en su lugar lo hace la aplicación, el jugador únicamente tiene el objetivo de decidir que acción realizar. Para poder tomar esta decisión el jugador tiene a su disposición una vista parcial de la situación del tablero (no puede ver las cartas de la mano del adversario ni las cartas usadas en sus acciones de Secreto y Renuncia).

Una vez el jugador ha visto el tablero y se ve disposición para realizar un a acción tendrá que seguir los siguientes pasos.

#### Pasos para seleccionar una acción

En primer lugar, el jugador seleccionará una de las acciones disponibles en la sección de Acciones del jugador, esta acción pasará a estar marcada en la sección de Acción actual. El jugador puede cambiar de opinión y seleccionar una acción diferente siempre que quiera antes de enviarla, lo que sustituirá la acción seleccionada anteriormente y borrará las cartas de armas que haya seleccionado y las hubiera.

En segundo lugar, el jugador seleccionará las cartas de su mano para poder completar la acción seleccionada. Tal y como se mencionó en la sección de la Mano del jugador, las cartas seleccionadas quedarán bloqueadas, ya que no se puede usar la misma carta dos veces. Si el jugador quisiera cambiar las cartas que ha seleccionado antes de enviarlas bastaría con volver a pulsar la misma acción en la sección de Acciones del jugador y así tendría disponible la acción vacía y todas las cartas de la mano habilitadas.

Por último, cuando se haya seleccionado la acción con su numero de cartas correspondientes, se activará el botón de aceptar. Al pulsar este botón se enviará la acción y la partida continuará, de manera que al jugador se le mostrará el tablero con los nuevos cambios correspondiente a la acción que ha realizado y la acción que ha realizado el adversario.

#### Pasos para seleccionar una acción de selección

Esta situación corresponde a cuando el adversario ha realizado una acción de tipo Regalo o Competición ya que estas acciones requieren una decisión por parte del otro jugador. En este caso se mostrará dicha acción en la sección de Acciones del jugador, con las secciones de la Mano del jugado y de las Acciones del jugador deshabilitada, ya que el jugador solo podrá ver la situación del tablero y seleccionar las cartas que quiera.

En el caso de la acción de selección para una acción de tipo Regalo al jugador se le planteará una decisión entre 3 cartas, una vez seleccione una de ellas aparecerá deshabilitada y aparecerá el botón de enviar. El jugador podrá cambiar de carta las veces que quiera antes de dar al botón de enviar. Una vez pulsado el botón de enviar la selección se enviará y la partida continuará.

En el caso de la acción de selección para una acción de tipo Competición al jugador se le planteará una decisión entre 4 cartas, una vez seleccione una de ellas aparecerán deshabilitadas 2 cartas, correspondientes al grupo de la carta seleccionada y aparecerá el botón de enviar. El jugador podrá cambiar de opción las veces que quiera antes de dar al botón de enviar. Una vez pulsado el botón de enviar la selección se enviará y la partida continuará.

Pantalla de video juego

Descripción generada automáticamente con confianza media

Ilustración 9.12 - Ejemplo de acción de selección

# Conclusiones y Ampliaciones

En este capítulo se va a realizar una explicación de las conclusiones al realizar el proyecto y posibles aplicaciones.

## Conclusiones

La realización de este proyecto ha supuesto un reto, tanto a nivel técnico como a nivel personal. La inteligencia artificial y las redes neuronales es una parte de la informática por la que se pasa muy por encima en la carrera, y es un campo de estudio relativamente joven y que está en constante evolución.

Como ya se ha mencionado en el apartado de Problemas Encontrados, el diseño de una red neuronal es algo que requiere una buena base de experiencia práctica para poder realizarse.

En un principio, pensaba que una red neuronal era una caja negra a la que se le pasaban datos de entrenamiento y se entrenaba ella sola, pero durante el desarrollo de este proyecto me he dado cuenta de que en realidad el interior de esa caja negra debe ser diseñado y desarrollado con cuidado para cada tarea especifica en la que se quiere entrenar a la red neuronal. Si es cierto que hay cierta parte que se entrena automáticamente, y es en la obtención de los valores de cada una de las neuronas del modelo, pero este modelo debe ser descrito con anterioridad, y no es una tarea trivial.

Existen grandes grupos de aplicación de redes neuronales como puedan ser el análisis o generación del lenguaje natural, el análisis o generación de imágenes o el aprendizaje de videojuegos. Para estos grupos existen ciertas descripciones de diseños de muy alto nivel, pero una vez se necesita un problema concreto el diseño concreto pasa a ser algo muy especializado y se requiere cierta “intuición” y una gran cantidad de prueba y error para poder llegar a alcanzar el resultado deseado.

Ciertamente, el desarrollo de este proyecto se ha sentido como para un músico con experiencia en un instrumento, cambiar a un instrumento de una familia distinta. La experiencia en el conocimiento de la música es compartida, pero la técnica es completamente nueva. En esta analogía el conocimiento de la música sería el conocimiento en programación, y el instrumento nuevo sería aprender sobre en la rama de inteligencia artificial y redes neuronales.

## Ampliaciones

A continuación, se van a describir posibles ampliaciones y mejoras que podrían desarrollarse en el proyecto. No están descritas en orden de importancia y puede que algunas sean contradictorias entre ellas, ya que suponen cambios sobre la misma área.

### Nuevo entrenamiento con datos obtenido de jugadas realizadas por jugadores humanos

Actualmente el entrenamiento de la red neuronal se está haciendo con el uso de la simulación de jugadas completamente aleatorias. Una posible mejora sería guardar una enorme cantidad de jugadas realizadas por usuarios de la aplicación, para así poder enseñar a la red neuronal jugadas que ya han sido pensadas y estudiadas por anterioridad.

### Nuevo modo de entrenamiento con redes neuronales adversarias

Actualmente se está utilizando aprendizaje supervisado con redes neuronales convolucionales. Una posible ampliación sería crear una neuronal del tipo de redes neuronales adversarias, en la que se entrenaría contra sí misma, siendo este un aprendizaje por refuerzo.

Una vez realizada la nueva red neuronal y entrenada, se podría comparar los resultados de dicha red con la red desarrollada en para la aplicación actual y comprobar cuál de las dos opciones sería más eficaz en la tarea de ganar partidas contra usuarios reales.

### Nuevo diseño de la red neuronal

Como se ha mencionado con anterioridad, al realizar el diseño de la red neuronal se carecía de una experiencia anterior, por lo que es posible que el diseño actual tenga un rango de mejora notable.

Una posible mejora es un nuevo análisis y diseño en un futuro en el que se tenga más experiencia, o actualmente por una persona más experimentada en esta área. Al contrario que la ampliación anterior, esta no sería un cambio en el tipo de red neuronal, se seguiría usando una red neuronal convolucional, pero con un nuevo diseño

### Ampliación del alcance de la aplicación: Uso de servicios web

Tal y como se comentaba en el punto 2.2 Evaluación de alternativas tecnológicas concretamente en las Relativas a la interfaz gráfica de usuario, se podía añadir el uso de servicios web en la aplicación, de manera que los módulos de controladores y de red neuronal quedarían intactos, pero el módulo de la interfaz gráfica se cambiaría por un módulo de puerta de enlace de un *back-end* de un servicio web o incluso la definición de microservicios. A su vez se debería realizar una parte de *front-end* que consuma dichos servicios y sirviese de interfaz gráfica para que el usuario pudiese interactuar con la aplicación.

Para el desarrollo de este nuevo alcance, convendría tener una base de datos en la que se guarden los datos de los usuarios del servicio web, de manera que puedan registrarse y ver datos de partidas anteriores.

# Planificación final del Proyecto

En este capítulo se va a mostrar la planificación final realizada y su comparativa con la realizada en el punto 4.1 Planificación.

## Cambio en los grupos de tareas

Para la realización del proyecto se decidió agrupar la contabilización de horas dedicadas en grupos más grandes y flexibles, ya que con frecuencia se estaban realizando tareas que formaban parte a la vez de subgrupos diferencies.

De esta forma, la planificación inicial quedaría transformada de la manera que se muestra en la Tabla 11.1 - Resultado de la transformación de la planificación inicial mostrada a continuación.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Nombre de la tarea | Duración Prevista |
|  | **Proyecto Completo** | **300** |
| **1** | **Análisis y Diseño** | 135 |
| 1.1 | Investigación | 90 |
| 1.2 | Análisis y Diseño | 45 |
| **2** | **Implementación** | 85 |
| **3** | **Pruebas** | 40 |
| **4** | **Documentación** | 40 |

Tabla . - Resultado de la transformación de la planificación inicial

## Tiempos reales dedicados

A continuación, se va a mostrar una tabla con las horas dedicadas una vez finalizado el proyecto.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Nombre de la tarea | Duración Final |
|  | **Proyecto Completo** | **426** |
| **1** | **Análisis y Diseño** | 100 |
| 1.1 | Investigación | 92 |
| 1.2 | Análisis y Diseño | 100 |
| **2** | **Implementación** | 100 |
| **3** | **Pruebas** | 66 |
| **4** | **Documentación** | 68 |

Tabla . - Planificación con tiempos finales

## Comparativa y conclusiones

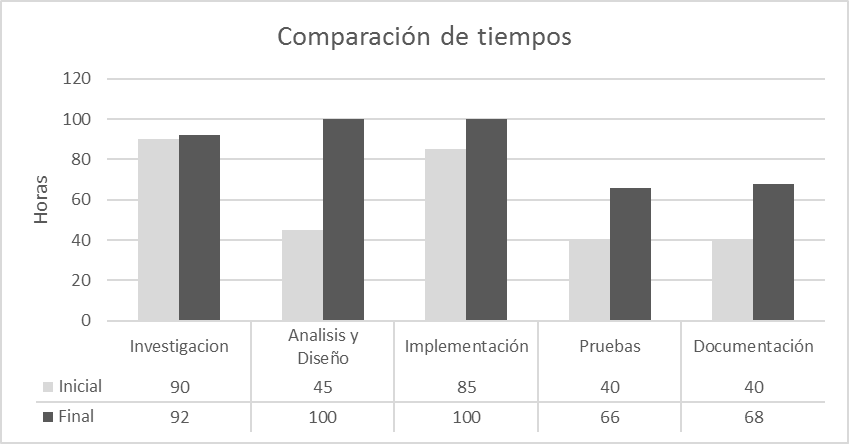


Ilustración 11.1 - Comparación de planificación inicial y final

Como se puede observar en la Ilustración 11.1 - Comparación de planificación inicial y final, ha habido un exceso de trabajo en comparación con la previsión inicial en casi todas las áreas.

El cambio más significativo se produce en el análisis y diseño de la aplicación. Este se ha producido por la dificultad mencionada en el punto sobre el Desconocimiento sobre la realización del diseño de una red neuronal. Aunque la investigación realizada fue suficiente para tener los conceptos básicos para poder realizar el diseño de una red neuronal desde cero, a la hora de empezar a realizarlo y comprobar en la implementación que no daba los resultados esperados supuso un tiempo extra de prueba y error hasta que se consiguió un diseño que funcionase dentro del proyecto.

# Referencias Bibliográficas

En este capítulo se muestran las referencias que se han utilizado para la realización del proyecto.

## Referencias relacionadas con el juego Hanamikoji

A continuación, se muestra el listado de referencias relacionadas con el juego de mesa Hanamikoji.

Hanamikoji - Reglas del juego de cartas - Happy Meeple

Reseña: Hanamikoji | Misut Meeple

Hanamikoji y Shadows in Kyoto

## Referencias relacionadas a las redes neuronales

A continuación, se muestra el listado de referencias relacionadas con el uso de las redes neuronales y como implementarlas.

python 3.x - Incremental learning in keras - Stack Overflow

¡Redes Neuronales CONVOLUCIONALES! ¿Cómo funcionan? - YouTube

Deep Learning – Introducción práctica con Keras - Jordi TORRES.AI

Russel and Norvig, 2009

Deep Learning – Introducción práctica con Keras - Jordi TORRES.AI

Reshape layer

Layer activation functions

Pasos para entrenar una red neuronal profunda - Código Fuente

Keras CNN with vector (or matrix) output ? · Issue #11836 · keras-team/keras

Explora el Aprendizaje Profundo: un Tutorial de TensorFlow Python | Toptal

tf.data: compilar canalizaciones de entrada de TensorFlow  |  TensorFlow Core

¿Qué es un Optimizador y Para Qué Se Usa en Deep Learning? - DataSmarts Español

## Referencias relacionadas al diseño y herramientas

A continuación, se muestra el listado de referencias relacionadas con el diseño del sistema y las herramientas utilizadas.

Image data preprocessing

Estilo de arquitectura de n niveles - Azure Architecture Center | Microsoft Docs

Git

Sourcetree | Free Git GUI for Mac and Windows

Anaconda | The World’s Most Popular Data Science Platform

Spyder IDE

Estándar de mensajería CSV - Documentación de IBM

1. El cálculo del coste salarial se obtiene al añadirle un 30% al coste anual, este coste adicional se debe al coste de los seguros y demás prestaciones que debe pagar la empresa. [↑](#footnote-ref-1)