

# Informe de la Función Heurística para *Smart Horses*

Kevin Ariel Ramírez Amaya<sup>1</sup> and John Jaider Ramos Gaviria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación

Noviembre de 2025

## 1. Contexto del juego

*Smart Horses* es un juego por turnos desarrollado sobre un tablero de ajedrez de tamaño  $8 \times 8$ . Cada jugador controla un caballo que se desplaza siguiendo el movimiento en “L” característico del ajedrez. El tablero contiene diez casillas con valores prefijados en el conjunto

$$\{-10, -5, -4, -3, -1, +1, +3, +4, +5, +10\},$$

las cuales otorgan o restan puntos al jugador que las pisa. Toda casilla visitada queda destruida de forma permanente, modificando progresivamente el espacio de juego.

La máquina (caballo blanco) mueve siempre primero. Si un jugador se queda sin movimientos legales mientras su oponente aún dispone de opciones, recibe una penalización automática de  $-4$  puntos.

Para la toma de decisiones se implementó un algoritmo minimax con poda alfa–beta. Dependiendo del nivel de dificultad seleccionado por el usuario (principiante, amateur o experto), se exploran árboles de profundidad 2, 4 o 6 respectivamente. Debido al elevado crecimiento combinatorio del espacio de estados —agravado por la destrucción dinámica de casillas— es indispensable disponer de una función heurística que evalúe posiciones no terminales de manera eficiente y representativa.

## 2. Función de Utilidad Heurística

La función heurística constituye el núcleo del proceso de evaluación dentro del algoritmo *minimax* con poda alfa–beta empleado en el juego *Smart Horse*. Debido a que el espacio de estados es demasiado amplio para explorarlo completamente, la heurística proporciona una estimación del valor estratégico de una posición no terminal, guiando la búsqueda hacia configuraciones prometedoras incluso con profundidad limitada.

La heurística implementada combina cinco factores esenciales: ventaja material, movilidad relativa, potencial inmediato de puntuación, centralidad posicional y estructura de puntos restantes en el tablero. Su forma final es la siguiente:

$$H(s) = 10,0 \Delta_{\text{score}} + 1,5 \Delta_{\text{mob}} + 2,0 \Delta_{\text{pot}} + \Delta_{\text{cent}} + 0,05 \Delta_{\text{rest}}.$$

A continuación se detalla el significado estratégico de cada término y la razón de su inclusión:

## 1. Diferencia de Puntaje ( $\Delta_{\text{score}}$ )

$$\Delta_{\text{score}} = \text{score}_{\text{máquina}} - \text{score}_{\text{oponente}}.$$

Este componente cuantifica la ventaja material lograda hasta la posición actual. Es el término con mayor ponderación porque refleja directamente el objetivo primario del juego: maximizar el puntaje propio y minimizar el del oponente. Priorizar este elemento evita líneas que conduzcan a pérdidas de puntaje inmediatas y estabiliza la evaluación global.

## 2. Diferencia de Movilidad ( $\Delta_{\text{mob}}$ )

$$\Delta_{\text{mob}} = \#\text{movs}_{\text{máquina}} - \#\text{movs}_{\text{oponente}}.$$

La movilidad mide el número de movimientos legales disponibles para cada jugador. Una mayor movilidad implica flexibilidad táctica y menor riesgo de quedar sin opciones válidas. Este término favorece posiciones en las que el caballo del agente mantiene rutas abiertas, especialmente valioso en zonas congestionadas del tablero.

## 3. Potencial Inmediato ( $\Delta_{\text{pot}}$ )

$$\Delta_{\text{pot}} = \sum_{c \in A_{\text{máquina}}} v(c) - \sum_{c \in A_{\text{oponente}}} v(c),$$

donde  $A_{\text{jugador}}$  es el conjunto de casillas alcanzables en el próximo movimiento.

Este componente captura oportunidades de puntuación a corto plazo y penaliza caer en casillas negativas. Reduce la “miopía” derivada de profundidades pequeñas y permite que la heurística incorpore información relevante del beneficio inmediato sin sacrificar la estrategia global.

## 4. Diferencia de Centralidad ( $\Delta_{\text{cent}}$ )

$$\Delta_{\text{cent}} = d_{\text{cent}}(\text{oponente}) - d_{\text{cent}}(\text{máquina}),$$

donde  $d_{\text{cent}}$  es la distancia al centro del tablero.

La centralidad es un factor posicional crucial: los caballos ubicados en el centro poseen mayor conectividad y más posibilidades de acceder a casillas valiosas. Este término evita bloqueos estructurales y mejora la capacidad futura de movimiento del agente.

## 5. Sesgo por Puntos Restantes ( $\Delta_{\text{rest}}$ )

$$\Delta_{\text{rest}} = \sum_{c \in T, v(c) > 0} v(c) - \sum_{c \in T, v(c) < 0} |v(c)|,$$

con  $T$  como el conjunto de casillas aún no destruidas.

Este componente introduce un sesgo de baja magnitud que orienta al agente hacia regiones con alto potencial restante y evita zonas con acumulación de penalizaciones. Es especialmente útil en etapas tempranas del juego, cuando el tablero todavía contiene grandes cantidades de puntos por recolectar.

## Discusión Final

Aunque la heurística no constituye una función dominante u óptima en sentido absoluto, en la práctica resultó efectiva y coherente con las dinámicas de *Smart Horse*. La combinación equilibrada entre factores inmediatos (puntaje y potencial), posicionales (movilidad y centralidad) y globales (estructura de puntos restantes) permitió una evaluación robusta a pesar de las limitaciones de profundidad. En conjunto, esta función de utilidad guía al algoritmo minimax de manera consistente y eficiente, logrando decisiones tácticas y estratégicas adecuadas en el entorno del juego.