

## Anexo I. Registro del Título del Trabajo Fin de Grado (TFG)

NOMBRE DEL ALUMNO: Álvaro González Tabernero

PROGRAMA: GITT+BA

GRUPO: 5º

FECHA: 27/12/2025

Director Asignado: Martín Muñoz, \_\_\_\_\_  
Apellidos \_\_\_\_\_  
Nombre \_\_\_\_\_

### Título provisional del TFG:

Optimización estratégica en *Motorsport* mediante técnicas de inteligencia artificial aplicadas a datos de carrera

**ADJUNTAR PROPUESTA (máximo 4 páginas: Índice provisional, objetivos, metodología y bibliografía)**

Firma del estudiante:

Fecha: 27/10/2025

## **Índice**

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| <i>Introducción .....</i>          | <b>3</b> |
| <i>Objetivos.....</i>              | <b>3</b> |
| <i>Objetivo general.....</i>       | <b>3</b> |
| <i>Objetivos específicos .....</i> | <b>4</b> |
| <i>Metodología .....</i>           | <b>4</b> |
| <i>Bibliografía .....</i>          | <b>6</b> |

# Introducción

En la Fórmula 1 y otras competiciones de motorsport profesional, la estrategia de carrera representa uno de los pilares fundamentales del rendimiento. A diferencia de otras disciplinas deportivas, donde el desarrollo físico o técnico tiene un peso dominante, en el automovilismo la toma de decisiones estratégicas, como el momento de realizar una parada, la elección de neumáticos o la respuesta ante incidentes como un coche de seguridad (SC) o *virtual safety car* (VSC), puede suponer la diferencia entre ganar o perder. Estas decisiones, lejos de ser aleatorias o improvisadas, se fundamentan en una combinación de datos, experiencia previa y simulaciones predictivas.

Sin embargo, la creciente complejidad de las carreras modernas, donde confluyen múltiples fuentes de incertidumbre (condiciones meteorológicas cambiantes, degradación no lineal de neumáticos, interacción con rivales, etc.), hace cada vez más difícil que un equipo humano pueda anticiparse de forma óptima a todos los escenarios posibles. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) emergen como herramientas clave para transformar la forma en que se diseñan y adaptan las estrategias de carrera.

Este Trabajo Fin de Grado plantea el desarrollo de un sistema avanzado de toma de decisiones estratégicas, capaz de generar recomendaciones tanto a priori (antes de la carrera) como a posteriori (durante su transcurso), basándose en datos históricos y en los resultados de las sesiones de entrenamiento más recientes del mismo fin de semana. La herramienta combinará distintas técnicas de IA y ML, como modelos supervisados, redes neuronales o aprendizaje por refuerzo, junto con métodos de optimización y teoría de juegos. El objetivo es considerar no solo el rendimiento individual del vehículo, sino también la interacción dinámica con los rivales y los posibles escenarios de carrera.

El sistema se diseñará inicialmente con un enfoque centrado en la Fórmula 1, por ser la categoría más avanzada a nivel técnico y estratégico, y por la amplia disponibilidad de datos. No obstante, se buscará una arquitectura escalable que permita adaptar el modelo a otras competiciones con características similares, como el WEC, la *IndyCar* o el IMSA, donde también existen variables estratégicas relacionadas con la gestión de neumáticos, el paso por boxes o la duración de los *stints*.

Esta propuesta pretende, por tanto, demostrar la viabilidad y el impacto potencial de una solución computacional inteligente en el ámbito de la estrategia deportiva en *motorsport*. El sistema integrará capacidades predictivas, adaptativas y competitivas que ayuden a los equipos a tomar decisiones más rápidas, fundamentadas y efectivas. El proyecto tendrá un fuerte componente aplicado, sin perder de vista la rigurosidad técnica y analítica propia de un trabajo académico de ingeniería.

## Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar una herramienta computacional basada en inteligencia artificial que permita optimizar la estrategia de carrera en competiciones de *motorsport*, con especial enfoque en la Fórmula 1, generando recomendaciones estratégicas antes y durante la carrera a partir del análisis de datos históricos, de entrenamientos y del contexto dinámico de carrera.

## Objetivos específicos

1. **Recopilar y estructurar datos relevantes** provenientes de sesiones de entrenamiento, simulaciones, carreras anteriores y variables contextuales (posición en pista, neumáticos, SC/VSC, etc.) que permitan alimentar modelos predictivos y de decisión.
2. **Diseñar modelos de predicción de rendimiento** del monoplaza y de la evolución de la carrera, incluyendo consumo de neumáticos, tiempos por vuelta, riesgo de incidentes y condiciones de pista.
3. **Integrar escenarios de estrategia de rivales**, considerando la posibilidad de aplicar elementos de teoría de juegos y aprendizaje basado en competencia para anticipar reacciones de otros equipos.
4. **Desarrollar un sistema de toma de decisiones dinámico**, capaz de actualizar la estrategia durante la carrera en función de nuevos datos y eventos (como la aparición de SC/VSC o cambios meteorológicos), utilizando algoritmos adaptativos y de IA.
5. **Evaluar y comparar distintas estrategias simuladas**, optimizando parámetros como el número de paradas, el momento de entrada a boxes y la selección de compuestos de neumáticos, con criterios de eficiencia, riesgo y posición final proyectada.
6. **Diseñar una arquitectura escalable y modular**, que permita adaptar el sistema a otras categorías de *motorsport* con pasos por boxes como WEC, IMSA o IndyCar, manteniendo la lógica estratégica general del modelo.
7. **Validar el sistema con datos reales o simulados**, comparando su rendimiento frente a estrategias históricas y analizando el impacto potencial de su implementación en un entorno competitivo.

## Metodología

El desarrollo de este Trabajo Fin de Grado se llevará a cabo mediante una metodología estructurada en fases, combinando la recopilación de datos, la construcción de modelos predictivos y la implementación de algoritmos de decisión estratégica. A continuación, se describen las principales etapas metodológicas:

1. **Análisis del problema y definición del alcance:** Se realizará un estudio preliminar del contexto estratégico en competiciones de *motorsport*, con especial atención a la Fórmula 1. Se delimitarán las variables clave que intervienen en la toma de decisiones estratégicas (número de paradas, SC/VSC, selección de neumáticos, tráfico en pista, etc.) y se identificarán los factores que pueden ser modelizados computacionalmente.
2. **Recopilación y tratamiento de datos:** Para el caso de estudio centrado en Fórmula 1, los datos se obtendrán principalmente a través de las APIs de FastF1 y OpenF1, que proporcionan información detallada sobre vueltas, stints, compuestos, tiempos por sector, eventos de carrera (como SC/VSC) y otras variables clave. Estos datos se limpiarán, estructurarán y transformarán para alimentar los modelos predictivos y los algoritmos de optimización. En caso necesario, se complementará con datos históricos o generados por simulación, especialmente para escenarios de validación y *test*.
3. **Desarrollo de modelos predictivos:** Se entrenarán modelos de aprendizaje supervisado y no supervisado para estimar variables estratégicas críticas como la evolución del ritmo por vuelta, la

degradación de neumáticos, la probabilidad de aparición de un SC/VSC o el comportamiento esperado de los rivales. Se evaluará el rendimiento de modelos como regresores lineales, árboles de decisión, XGBoost o redes neuronales, en función de la calidad y dimensionalidad de los datos.

**4. Construcción de un sistema de recomendación estratégica:** Se diseñará un módulo central que integre los modelos anteriores y permita simular y comparar múltiples estrategias posibles. Este sistema aplicará algoritmos de optimización (como búsqueda en árbol, heurísticas o modelos basados en Monte Carlo) para seleccionar la estrategia más adecuada en cada fase de la carrera. Se estudiará también el uso de aprendizaje por refuerzo para la adaptación en tiempo real.

**5. Incorporación de teoría de juegos y comportamiento rival:** Se incluirán aproximaciones básicas de teoría de juegos para modelar la interacción estratégica con otros equipos, considerando distintos perfiles de rivales (agresivos, conservadores, reactivos...) y evaluando la solidez de las decisiones tomadas frente a posibles respuestas.

**6. Diseño modular y escalabilidad del Sistema:** Se desarrollará una arquitectura software clara, documentada y modular, que permita escalar fácilmente la solución a otras competiciones como el WEC, IMSA o *IndyCar*. Se priorizará la eficiencia computacional y la claridad del flujo de datos entre módulos (entrada de datos, predicción, decisión y simulación).

**7. Validación mediante simulaciones y casos de estudio:** Se simularán diferentes fines de semana de carrera, comparando estrategias reales con las generadas por el sistema. Se analizarán métricas como mejora de posición, ahorro de tiempo neto o eficiencia global para evaluar el impacto potencial de la herramienta en un entorno competitivo realista.

**8. Documentación y presentación de resultados:** Se elaborará una memoria técnica con el desarrollo completo del proyecto, así como un resumen ejecutivo orientado a su posible aplicación en contextos reales de ingeniería del *motorsport*. Se incluirán visualizaciones, simulaciones y comparativas para facilitar la interpretación de los resultados.

## Bibliografía

1. OpenF1. (n.d.). *OpenF1 – Open data API for Formula 1*. Retrieved October 27, 2025, from <https://www.openf1.org>
2. BigClown97. (n.d.). *FastF1: Python API for accessing Formula 1 data*. GitHub. Retrieved October 27, 2025, from <https://github.com/theOehrly/Fast-F1>
3. Thomas, D., Jiang, J., Kori, A., Russo, A., Winkler, S., Sale, S., McMillan, J., Belardinelli, F., & Rago, A. (2025). *Explainable Reinforcement Learning for Formula One Race Strategy*. En *Proceedings of the 40th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC '25)*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3672608.3707766>
4. Fatima, S. S. W., & Johrendt, J. (2023). Deep-Racing: An Embedded Deep Neural Network (EDNN) Model to Predict the Winning Strategy in Formula One Racing. *International Journal of Machine Learning*, 13(3), 97-103. <https://doi.org/10.18178/ijml.2023.13.3.1135>