



ELABORACIÓN DE PROYECTOS

GRADO EN ESTADÍSTICA

Facultad de ciencias

Curso 2024/2025

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LOS PILOTOS Y ESCUDERIAS DE LA FORMULA 1 DURANTE LAS TEMORADAS DE 2022 A 2024

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF FORMULA 1 DRIVERS AND TEAMS
DURING THE 2022 TO 2024 SEASONS

Autor: Santiago Mateos Gómez

Tutor: Mercedes Sánchez Barba

Mayo 2025

INDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen / Abstract	3
2. Introducción	4
3. Material y métodos.....	5
4. Resultados	7
4.1. Datos sociodemográficos	7
4.2. Relación entre el número de abandonos y otras variables categóricas	10
4.3. Relación entre los resultados de las carreras con otras variables categóricas..	12
4.4. Puntuación y factores asociados	14
4.4.1. Puntos según constructo y tipo de circuito	15
4.4.2. Puntos según piloto y tipo de circuito	17
5. Discusión.....	17
6. Conclusiones	18
7. Referencias	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de frecuencias. Variables: Constructores, Status_cat, Points y Tipo_circuito	7
Tabla 2 Tabla de frecuencias. Variables: Status.....	8
Tabla 3 Análisis exploratorio y descriptivo. Variables: Laps y Points.	9
Tabla 4 Tabla contingencia y test de contraste.....	10
Tabla 5 Tabla contingencia y test de contraste. Variables piloto y posición_race .	13
Tabla 6 Tabla contingencia y test de contraste. Variables Constructor y posición_race.....	14
Table 7 Tabla de paramétricos y no paramétricos. Variables: Constructor, tipo de circuito y puntos.	15
Table 8 Tabla Post-Hoc Tuckey. Variables Constructor y Tipo de circuito.....	16
Table 9 Tabla de paramétricos y no paramétricos. Variables: Constructor, tipo de circuito y puntos.	17

1. Resumen / Abstract

Resumen

La Formula 1 es la cúspide del automovilismo a nivel mundial, y el análisis de datos en este deporte toma un gran protagonismo. En este trabajo se analiza el rendimiento de los pilotos y de las escuderías a lo largo de las temporadas 2022, 2023 y 2024. Estas tres temporadas se han desarrollado bajo la misma normativa técnica por lo que el análisis se realiza sin sesgos derivados a cambios en el reglamento.

El objetivo principal es encontrar aquellos factores o características que más influyen en el rendimiento de los pilotos, con el fin de optimizar los resultados futuros aprendiendo de los datos ya existentes.

Para el tratamiento estadístico de datos se emplea un análisis exploratorio, para comprender la distribución de las variables, a su vez, se realiza el test Chi-cuadrado, para buscar relaciones entre variables y se emplean test estadísticos paramétricos, como el ANOVA, y test estadísticos no paramétricos, como el Kruskal-Wallis, para comparar las puntuaciones obtenidas por los pilotos y escuderías en los diferentes tipos de circuitos.

Los resultados muestran que hay relación entre la posición de salida y la posibilidad de abandonar, el constructor y la posibilidad de que algún monoplaza abandone, el piloto y los resultados en carrera y el constructor y el resultado en carrera. También se ha encontrado que el tipo de circuito no produce resultados diferentes para ninguna escudería, pero sí produce algún cambio en los resultados de los pilotos. Este estudio proporciona una base empírica que puede resultar útil para los equipos y profesionales del sector en la toma de decisiones con la planificación y desarrollo de la temporada.

Palabras clave: Formula 2, rendimiento, circuitos, pilotos, escuderías, análisis estadístico.

Abstract

Formula 1 is the pinnacle of global motorsports, and data analysis in this sport takes center stage. This study analyzes the performance of drivers and teams throughout the 2022, 2023, and 2024 seasons. These three seasons have been run under the same technical regulations, so the analysis is carried out without biases derived from rule changes.

The main objective is to identify the factors or characteristics that most influence driver performance, in order to optimize future results by learning from existing data.

For statistical analysis, exploratory analysis is used to understand the distribution of variables. In turn, the Chi-square test is performed to search for relationships between variables. Parametric statistical tests, such as ANOVA, and nonparametric statistical tests, such as the Kruskal-Wallis test, are used to compare the scores obtained by drivers and teams on different types of circuits.

The results show a relationship between starting position and the likelihood of retiring, the manufacturer and the likelihood of a car retiring, the driver and race results, and the manufacturer and race results. It was also found that the type of track did not produce different results for any team, but did produce some changes in the drivers' results. This study provides an empirical basis that can be useful for teams and industry professionals in their decision-making regarding season planning and development.

Keywords: Formula 2, performance, circuits, drivers, teams, statistical analysis.

2. Introducción

La Fórmula 1 (F1) es considerada el deporte rey del automovilismo mundial. En esta competición se realizan carreras en diferentes circuitos a lo largo de todo el mundo, llamados Gran Premio, en el que compiten 20 pilotos repartidos en 10 escuderías, dos pilotos por cada una. Cada Gran Premio consta de tres sesiones de entrenamientos libres, una sesión de clasificación, en la que se consigue el orden de parrilla de la carrera, y, por último, la carrera, en la que se reparten los puntos que determinan la posición de cada piloto y de cada escudería en la clasificación final. Desde 2021, algunos Grandes Premios adoptan el formato sprint, que introduce una carrera corta el sábado, en la que también se consiguen puntos, aunque en menor medida.

En la Formula 1 se realiza una gran innovación tecnológica, siendo la cúspide del desarrollo de monoplazas en el mundo, a su vez, se desenvuelve una gran habilidad humana, juntando a 20 de los mejores pilotos del mundo y una gran cantidad de ingenieros y estrategias de máxima calidad. En este contexto, se busca cualquier análisis o estudio que ayude a maximizar las oportunidades de mejorar de las escuderías y pilotos. En el caso de este estudio, se realiza un análisis de las características de los circuitos y su impacto en el rendimiento competitivo de los pilotos y escuderías.

Los factores como la longitud del circuito, altitud, el número de curvas, el tipo de asfalto o la distribución de zonas de alta y baja velocidad pueden influir directamente en el comportamiento de los monoplazas, por lo que afecta a su vez en el resultado final. El mismo razonamiento se adapta a los pilotos, se plantea que las características técnicas de los circuitos afectan al rendimiento de los pilotos y a su adaptación.

La literatura científica, en el entorno de la fórmula 1, se centra en variables individuales como el diseño de los monoplazas, la estrategia en las carreras y variables sobre el propio piloto. Investigaciones como las de Van Kesteren y Bergkamp (2023) han abordado la relación entre coche y piloto en los resultados globales, mientras que Choi (2024) ha estudiado cómo ciertos equipos se benefician más en determinados tipos de circuitos. Sin embargo, se identifica un vacío de conocimiento en estudios que aborden de manera integrada cómo los factores del circuito influyen diferencialmente en pilotos y escuderías dentro de un mismo marco normativo.

El análisis que se realiza en este estudio se basa en una base de datos correspondiente a las temporadas de Formula 1 comprendidas entre 2022 y 2024, ambos incluidos. La decisión de escoger estos años no es arbitraria, en la F1 se realizan cambios de reglamento cada cierto número de años, lo que modifica el rendimiento de los pilotos y de las escuderías, ya que, al presentarse una nueva regulación, los equipos tienen que innovar en sus monoplazas, lo que cambia el rendimiento de los constructores y pilotos, afectando a los resultados obtenidos de cada uno.

En este caso, en 2022 se implementó un nuevo reglamento con una nueva normativa técnica que redefinió el diseño de los monoplazas. Este cambio se mantiene a lo largo de las temporadas escogidas, aunque en cada uno de los años hay ligeros cambios en el reglamento. Esta estabilidad en la normativa desde 2022 permite trabajar con una base homogénea, suponiendo una ventaja en el análisis comparativo. Esta metodología evita un potencial sesgo relacionado con las diferencias en el desarrollo de monoplazas entre temporadas, debido a que todos los equipos evolucionan el monoplaza dentro del mismo marco de reglamento. Así, las diferencias que se puedan observar se pueden atribuirse a las características de los circuitos o a diferencias entre pilotos, las cuales son el objetivo, y no a los cambios estructurales en el reglamento.

3. Material y métodos

Para el desarrollo de este trabajo se ha elaborado una base de datos compuesta por los resultados de todas las carreras de Fórmula 1 celebradas entre las temporadas 2022 y 2024, ambos años incluidos. La elección de este periodo no es arbitraria, ya que en 2022 se introdujo una nueva normativa técnica en el reglamento de la competición que ha permanecido vigente durante los tres años. Esta estabilidad reglamentaria garantiza que los rendimientos de los monoplazas y de los pilotos se hayan desarrollado bajo un mismo marco técnico, lo que reduce significativamente posibles sesgos en el análisis comparativo entre temporadas. La fuente de los datos ha sido obtenida en la plataforma Kaggle, se utilizaron dos bases de datos, las cuales se unieron para obtener una base mucho más completa y posteriormente se estructuró en un archivo procesable para el análisis estadístico.

El conjunto de datos final incluye tanto variables cualitativas como cuantitativas, cada una de las cuales cumple un papel específico en el análisis. A continuación, se describen brevemente las variables incluidas en la base de datos:

- Race: nombre del Gran Premio.
- Race_Cat: categoría del circuito en función de su localización geográfica.
- Date: fecha en la que se celebró la carrera.
- Position_race: posición final del piloto en la carrera.
- Position_Qualy: posición obtenida en la sesión de clasificación.
- Driver: nombre del piloto.
- Driver_cat: versión codificada del piloto para facilitar el análisis estadístico.
- Constructor: nombre de la escudería o equipo.

- Constructor_cat: versión codificada del constructor.
- Laps: número de vueltas completadas en carrera.
- Status: estado final del piloto (terminó, abandono, descalificación, etc.).
- Status_cat: versión codificada de la variable anterior.
- Points: puntos obtenidos por el piloto en esa carrera.
- TotalTime: tiempo total empleado en la carrera.
- FastlapTime: tiempo de la vuelta más rápida del piloto.
- Q1Time, Q2Time, Q3Time: tiempos por sesión en clasificación (Q1, Q2 y Q3).
- Best_Time_Qualy: mejor tiempo logrado en cualquier sesión clasificatoria.
- Sprint: indica si hubo carrera sprint en ese fin de semana.
- Sprint_cat: variable codificada para el análisis de la presencia de sprint.
- Tipo_circuito: clasificación del circuito como urbano, semiurbano o permanente.
- Tipo_circuito_cat: versión codificada de la anterior para facilitar los análisis.

Para explorar la relación entre variables categóricas como Tipo_circuito, Sprint o Status y otras variables cualitativas como el Constructor o Driver, se aplicó el test de Chi-cuadrado de independencia. Este test permite contrastar si existe una asociación estadísticamente significativa entre dos variables cualitativas. En caso de obtener resultados significativos ($p < 0.05$), se interpretó además la V de Cramer, medida que cuantifica la intensidad de la asociación entre las variables en una escala de 0 (ninguna asociación) a 1 (asociación perfecta). Este enfoque se utilizó, por ejemplo, para analizar si el tipo de circuito afecta la distribución del estado final de carrera (Status_cat), o si existen diferencias entre constructores en función del tipo de trazado.

Dado que la variable Points no sigue una distribución normal (confirmado mediante pruebas de normalidad exploratorias y análisis gráfico), se aplicaron pruebas no paramétricas para comparar los puntos obtenidos por los pilotos y las escuderías. La principal herramienta utilizada fue el test de Kruskal-Wallis, adecuado para comparar tres o más grupos independientes cuando la variable dependiente es ordinal o continua pero no normal. También, para favorecer la consistencia de resultados, se realiza test paramétricos. Por ejemplo, se utilizó para comparar los puntos obtenidos según el Tipo_circuito, así como para analizar diferencias entre distintos constructores. Se realizaron pruebas post-hoc como el test de Tukey para encontrar las posibles diferencias entre los grupos.

Además, se calcularon el tamaño del efecto mediante η^2 y mediante la V de Cramer para interpretar la magnitud de las diferencias detectadas. Estos indicadores complementan al valor p y permite valorar si los efectos encontrados son estadísticamente significativos, pero también relevantes en términos prácticos. Según los criterios comunes de interpretación, un η^2 cercano a 0.01 indica un efecto pequeño, en torno a 0.06 un efecto medio, y a partir de 0.14 un efecto grande. La V de Cramer varía entre 0 y 1, las asociaciones con una V mayor que 0.3 son moderadas y mayores que 0.5 son fuertes.

Los resultados se obtuvieron mediante el software SPSS, donde se utiliza todos los test estadísticos mencionados, además, se usó la herramienta de segmentar archivo para así conseguir los resultados deseados.

4. Resultados

4.1. Datos sociodemográficos

Tabla 1

Tabla de frecuencias. Variables: Constructores, Status_cat, Points y Tipo_circuito

Ítems (N=1330)		Frecuencias
Constructores	Ferrari	10,1% (134)
	Red Bull	10% (133)
	Mercedes	10% (133)
	Alfa Romeo / Sauber	10,1% (134)
	Haas F1 Team	10% (133)
	Alpine F1 Team	10% (133)
	AlphaTauri / RB F1 Team	9,9% (132)
	McLaren	10,1% (134)
	Williams	9,8% (131)
	Aston Martin	10% (133)
Status	No terminó	13,9% (185)
	Terminó	86,1% (1145)
Points	0	49,6% (660)
	1	4,9% (65)
	2	5,2% (69)
	4	4,8% (64)
	5	0,2% (3)
	6	4,7% (63)
	7	0,3% (4)
	8	4,7% (62)
	9	0,4% (5)
	10	4,7% (63)
	11	0,3% (4)
	12	4,7% (62)
	13	0,4% (5)
	15	4,7% (62)
	16	0,4% (5)
	18	4,1% (55)
	19	0,9% (12)
	25	3,6% (48)
	26	1,4% (19)
Tipo_circuito	Autódromo	65,5% (871)
	Callejero	21,1% (280)
	Mixto	13,5% (179)

En la tabla 1, se presentan los resultados de realizar un análisis descriptivo de algunas de las variables categóricas de la base de datos.

En la primera variable podemos observar la cantidad de veces que los equipos de la Fórmula 1, o también llamados constructores, han participado en un gran premio durante el periodo de años señalado. Como se puede observar, el número de participaciones es muy similar para todos los equipos.

El número de abandonos, o también llamado status en la base de datos, es del 13.9%, es decir, de las 1330 veces que los pilotos corrieron un gran premio, 185 tuvieron que abandonar.

Los puntos que se reparten a los pilotos al finalizar la carrera son siempre los mismo, por lo que, los porcentajes son muy similares entre ellos. Lo que provoca esa mínima diferencia es el punto extra otorgado al piloto que realiza la vuelta rápida, como por ejemplo se observa en los 13 puntos, que tan solo consta del 0.4%. Esto es debido a que para poder conseguir esa cantidad de punto hay que acabar la carrera en cuarta posición y a su vez realizar la vuelta rápida de la carrera, la cual solo la puede realizar un piloto por carrera.

Observando los tipos de circuitos, vemos que el 65.5% de los trazados del calendario son autodromos, el 21.1% son callejeros y el 13.5% mixtos.

Tabla 2

Tabla de frecuencias. Variables: Status

Ítems (N=1330)			Ítems (N=1330)		
Frecuencias			Frecuencias		
Status	Finished	64,4% (857)	Status	Illness	0,1% (1)
	+1 Lap	19,5% (260)		Mechanical	0,2% (2)
	+2 Laps	2% (26)		Oil leak	0,2% (2)
	+6 Laps	0,1% (1)		Overheating	0,2% (3)
	+7 Laps	0,1% (1)		Power loss	0,2% (2)
	Accident	2% (26)		Power Unit	0,5% (7)
	Brakes	0,3% (4)		Radiator	0,2% (2)
	Collision	2,1% (28)		Rear wing	0,1% (1)
	Collision damage	1,9% (25)		Retired	0,9% (12)
	Cooling system	0,1% (1)		Spun off	0,2% (3)
	Differential	0,1% (1)		Steering	0,1% (1)
	Disqualified	0,3% (4)		Suspension	0,1% (1)
	Electrical	0,1% (1)		Technical	0,1% (1)
	Engine	1,5% (20)		Undertray	0,1% (1)
	Front wing	0,1% (1)		Vibrations	0,3% (4)
	Fuel leak	0,2% (2)		Water leak	0,1% (1)
	Fuel pressure	0,2% (2)		Water pressure	0,2% (2)
	Fuel pump	0,1% (1)		Water pump	0,2% (3)
	Gearbox	0,7% (9)		Withdrew	0,1% (1)
	Hydraulics	0,4% (5)			

En la tabla 2 se desglosa la variable estatus, la cuál se refiere al estado del coche al finalizar la carrera. El 64.4% de los vehículos terminan la carrera sin ser doblados por ningún vehículo y el 19.5% terminan, pero son doblados por al menos un piloto. El mayor motivo de abandono de un monoplaza es por colisión o por los daños posteriores producidos por una comisión, con el 2.1% y el 1.9% respectivamente.

Tabla 3

Análisis exploratorio y descriptivo. Variables: Laps y Points.

Variable	Exploración: Forma			Centralidad		Variabilidad		
	Asimetría	Curtosis	Normal p-valor	Media	Mediana	Rango (Mín./Máx.)	Desv. Est.	Rango IQR
Laps	-1,65	3,001	<.001*	54,97	57	0.00 / 78.00	16,48	18.00
Points	1,38	0,907	<.001*	5,13	1	0.00 / 26.00	7,26	10.00

^{NS} Desvió no significativo, la variable se distribuye normalmente * Significativo, la variable no se distribuye normalmente.

Cuando $n > 50$ el test de normalidad utilizado es Kolmogorov-Smirnov, cuando $n < 50$ se emplea Shapiro-Wilk.

En la tabla 3 se presenta un análisis exploratorio de dos variables numéricas.

El promedio de número de vueltas que han realizado los pilotos durante estos años es de 54.97, mientras que la mediana es de 57 vueltas. La variable Laps presenta una asimetría negativa, lo que indica que la distribución está sesgada hacia la izquierda, es decir, hay un mayor número de casos con un mayor número de vueltas y algunos pocos casos con menos vueltas, debido a abandonos.

Points, en cambio, presenta una asimetría positiva, lo que indica un sesgo a la derecha, indicando que la mayoría de los pilotos consiguen pocos puntos y solo y pequeño grupo consigue muchos puntos. La media de puntos obtenida es de 5.13, mientras que la mediana obtenida es 1.

En ambos casos, se realiza un test de normalidad, en este caso Kolmogorov-Smirnov, para así evaluar la normalidad de ambas variables. Para ambas, el p-valor obtenido es significativo, ya que, es menor que 0.05 ($p\text{-valor} < 0.001$), por lo que podemos afirmar que ambas variables se desvían significativamente de una distribución normal, lo que justifica el uso de pruebas no paramétricas en los análisis posteriores.

4.2. Relación entre el número de abandonos y otras variables categóricas

Tabla 4

Tabla contingencia y test de contraste.

Tipo de circuito	Status						
	No terminó	Terminó					
1. Autódromo	12,3% (107)	87,7% (764)	65,5% (871)		p-valor	Estadístico	Resultado
2. Callejero	17,5% (49)	82,5% (231)	21,1% (280)	χ²	.057	5.72 [†]	Casi significativo
3. Mixto	16,2% (29)	83,8% (150)	13,5% (179)		Valor	Interpretación	
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)	V	.066	Pequeño	
Clasificación en la qualy	Status						
	No terminó	Terminó					
Top 5	9,3% (31)	90,7% (304)	25,2% (335)		p-valor	Estadístico	Resultado
Top 6-10	13,7% (46)	86,3% (289)	25,2% (335)	χ²	.010	11.32*	Significativo
Top 11-15	14,5% (48)	85,5% (283)	24,9% (331)		Valor	Interpretación	
Top 16-20	18,2% (60)	81,8% (269)	24,7% (329)	V	.092	Pequeño	
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)				
Circuito	Status						
	No terminó	Terminó					
Bahrain Grand Prix	3,2% (6)	4,7% (54)	4,5% (60)		p-valor	Estadístico	Resultado
Saudi Arabian Grand Prix	5,9% (11)	4,3% (49)	4,5% (60)	χ²	.097	33.37 [†]	Casi significativo
Australian Grand Prix	7,6% (14)	3,9% (45)	4,4% (59)		Valor	Interpretación	
Emilia Romagna Grand Prix	1,6% (3)	3,2% (37)	3% (40)	V	.158	pequeño	
Miami Grand Prix	3,2% (6)	4,7% (54)	4,5% (60)				
Spanish Grand Prix	1,1% (2)	5,1% (58)	4,5% (60)				
Monaco Grand Prix	4,9% (9)	4,5% (51)	4,5% (60)				
Azerbaijan Grand Prix	5,9% (11)	4,3% (49)	4,5% (60)				
Canadian Grand Prix	5,4% (10)	4,4% (50)	4,5% (60)				
British Grand Prix	5,9% (11)	4,3% (49)	4,5% (60)				
Austrian Grand Prix	2,2% (4)	4,9% (56)	4,5% (60)				
French Grand Prix	2,2% (4)	1,4% (16)	1,5% (20)				
Hungarian Grand Prix	2,7% (5)	4,8% (55)	4,5% (60)				
Belgian Grand Prix	3,2% (6)	4,7% (54)	4,5% (60)				
Dutch Grand Prix	2,7% (5)	4,8% (55)	4,5% (60)				
Singapore Grand Prix	7% (13)	4,1% (47)	4,5% (60)				
Japanese Grand Prix	5,4% (10)	4,4% (50)	4,5% (60)				
United States Grand Prix	4,9% (9)	4,5% (51)	4,5% (60)				
Mexico City Grand Prix	5,4% (10)	4,4% (50)	4,5% (60)				
São Paulo Grand Prix	7,6% (14)	4% (46)	4,5% (60)				
Abu Dhabi Grand Prix	2,2% (4)	3,1% (36)	3% (40)				
Las Vegas Grand Prix	2,7% (5)	3,1% (35)	3% (40)				
Italian Grand Prix	3,8% (7)	4,6% (53)	4,5% (60)				
Qatar Grand Prix	1,6% (3)	2,4% (28)	2,3% (31)				
Chinese Grand Prix	1,6% (3)	1,5% (17)	1,5% (20)				
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)				
Piloto	Status						
	No terminó	Terminó					
Alexander Albon	8,6% (16)	4,3% (49)	4,9% (65)		p-valor	Estadístico	Resultado
Fernando Alonso	4,9% (9)	5,1% (58)	5% (67)	χ²	.156	33.22 ^{NS}	No significativo
Oliver Bearman	0% (0)	0,3% (3)	0,2% (3)		Valor	Interpretación	
Valtteri Bottas	5,4% (10)	5% (57)	5% (67)	V	.158	pequeño	
Logan Sargeant	4,9% (9)	2,4% (27)	2,7% (36)				

Pierre Gasly	5,4% (10)	5% (57)	5% (67)				
Esteban Ocon	5,4% (10)	4,9% (56)	5% (66)				
Charles Leclerc	4,9% (9)	5,1% (58)	5% (67)				
Lewis Hamilton	3,2% (6)	5,2% (60)	5% (66)				
Nico Hülkenberg	2,2% (4)	3,7% (42)	3,5% (46)				
Daniel Ricciardo	2,7% (5)	3,7% (42)	3,5% (47)				
George Russell	4,3% (8)	5,2% (59)	5% (67)				
Carlos Sainz	6,5% (12)	4,7% (54)	5% (66)				
Lance Stroll	5,9% (11)	4,8% (55)	5% (66)				
Mick Shumacher	1,6% (3)	1,7% (19)	1,7% (22)				
Yuki Tsunoda	7% (13)	4,6% (53)	5% (66)				
Nyck de Vries	1,1% (2)	0,8% (9)	0,8% (11)				
Liam Lawson	0% (0)	0,8% (9)	0,7% (9)				
Nicholas Latifi	2,7% (5)	1,5% (17)	1,7% (22)				
Kevin Magnussen	6,5% (12)	4,6% (53)	4,9% (65)				
Oscar Piastri	1,6% (3)	3,7% (42)	3,4% (45)				
Sergio Pérez	4,3% (8)	5,1% (58)	5% (66)				
Max Verstappen	1,6% (3)	5,6% (64)	5% (67)				
Guanyu Zhou	5,4% (10)	5% (57)	5% (67)				
Lando Norris	1,6% (3)	5,6% (64)	5% (67)				
Sebastian Vettel	1,6% (3)	1,5% (17)	1,5% (20)				
Franco Colapinto	0,5% (1)	0,5% (6)	0,5% (7)				
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)				

Constructor	Status						
	No terminó	Terminó					
Ferrari	11,4% (21)	9,9% (113)	10,1% (134)		p-valor	Estadístico	Resultado
Red Bull	5,9% (11)	10,7% (122)	10% (133)	χ^2	.006	23.06*	Significativo
Mercedes	7,6% (14)	10,4% (119)	10% (133)		Valor	Interpretación	
Alfa Romeo / Sauber	10,8% (20)	10% (114)	10,1% (134)	V	.132	pequeño	
Haas F1 Team	10,3% (19)	10% (114)	10% (133)				
Alpine F1 Team	12,4% (23)	9,6% (110)	10% (133)				
AlphaTauri / RB F1 Team	10,8% (20)	9,8% (112)	9,9% (132)				
McLaren	4,9% (9)	10,9% (125)	10,1% (134)				
Williams	16,8% (31)	8,7% (100)	9,8% (131)				
Aston Martin	9,2% (17)	10,1% (116)	10% (133)				
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)				

Existencia de sprint	Status						
	No terminó	Terminó					
No sprint	80% (148)	77,8% (891)	78,1% (1039)	χ^2	.505	.44 ^{NS}	No significativo
Si sprint	20% (37)	22,2% (254)	21,9% (291)		Valor	Interpretación	
	13,9% (185)	86,1% (1145)	(1330)	V	.018	Insignificante	

^{NS} No significativo, [†] Casi significativo ($p < .10$), * Significativo ($p < .05$) y ** Altamente significativo ($p < .01$)

Test estadístico/contraste: χ^2 - Chi Cuadrado. Tamaño o magnitud del efecto: V – V de Cramer.

En la tabla 3 se presentan los resultados de realizar el test Chi-cuadrado, utilizado para analizar si existe relación entre distintas variables de la base y el número de abandonos que se realizan en la formula 1.

En la primera parte de la tabla se analiza si el número de abandonos se relaciona con el tipo de circuito que se encuentra en el calendario. En este caso, se obtiene un resultado casi significativo debido a que el p-valor es menor que 0.1 (p-valor=0.57) y el tamaño de efecto V de Cramer es insignificante (V=0.66). Observando la tabla, el tipo de circuito que sufre un mayor abandono de los pilotos es el callejero con una tasa de abandono del 17.5%, mientras que el tipo de circuito con menos abandonos es el autódromo, con el 12.3%. Esta diferencia de porcentajes puede estar producido porque los circuitos urbanos son trazados que utilizan calles públicas adaptadas temporalmente, mientras que, los autódromos son instalaciones creadas para albergar competiciones automovilísticas.

A continuación, se busca si el número de abandonos tiene relación con la posición en la clasificación. El resultado obtenido es significativo ya que el p-valor es menor que 0.05 (p-valor=0.010), por lo que, se puede afirmar que el puesto en la parrilla está relacionado con el número de abandonos. El tamaño de efecto V de Cramer es pequeño (V=0.92). Observando los porcentajes vemos que cuanto más atrás estés situado en la parrilla, más porcentaje de abandono hay. El porcentaje de abandono inferior se encuentra en el top 5 con un 9.3%, este porcentaje va ascendiendo a medida que la posición de parrilla es mayor, siendo el más alto 18.2%, situado en el top 16-20.

La siguiente relación que se busca es el circuito y el número de abandonos. El resultado que nos arroja el test Chi-cuadrado es casi significativo, con un p-valor de 0.97. Los circuitos con mayor porcentaje de abandonos son el circuito de Australia y el circuito de Sao Paulo, ambos con un 7.6%. El gran premio con el menor porcentaje de abandonos es el Gran Premio de España, con el 1.1%.

Comparando los pilotos y el número de abandonos observamos que no hay relación entre ambas variables debido a que el p-valor obtenido es mayor que 0.05 (p-valor=1.56). En la tabla de contingencia, el piloto con el mayor porcentaje de abandono es Alexander Albon, mientras que los pilotos con menor porcentaje de abandonos, con un mínimo de carreras realizadas son Max Verstapen, Oscar Piastri y Lando Norris.

El equipo de la formula 1, o también llamado constructor, si que presenta una relación significativa con el número de abandono de los vehículos, ya que el p-valor obtenido es de 0.006, menor que 0.05 y el tamaño de efecto V de Cramer es pequeño (V=0.132). El equipo con un mayor número de abandono fue Williams, con 31, seguido por el equipo Alpine F1 Team, con 23 abandonos. El constructor más fiable, es decir, con menos número de abandonos es McLaren, con 9, seguido por Red Bull, con 11.

La existencia de la carrera al sprint no está relacionada con el número de abandonos ya que el p-valor obtenido en el test Chi-cuadrado es mayor 0.05 (p-valor=0.505).

Tras buscar la relación entre las diferentes variables y el número de abandonos, se va a buscar si existe relación entre la posición final de una carrera con distintas variables.

4.3.Relación entre los resultados de las carreras con otras variables categóricas

Tabla 5

Tabla contingencia y test de contraste. Variables piloto y posición_race

Pilotos	Posición al finalizar la carrera				
	Top 5	Top 6-10	Top 11-15	Top 16-20	
Alexander Albon	0% (0)	21,5% (14)	46,2% (30)	32,3% (21)	4,9% (65)
Fernando Alonso	22,4% (15)	46,3% (31)	13,4% (9)	17,9% (12)	5% (67)
Oliver Bearman	0% (0)	66,7% (2)	33,3% (1)	0% (0)	0,2% (3)
Valtteri Bottas	1,5% (1)	17,9% (12)	40,3% (27)	40,3% (27)	5% (67)
Logan Sargeant	0% (0)	2,8% (1)	25% (9)	72,2% (26)	2,7% (36)
Pierre Gasly	6% (4)	31,3% (21)	41,8% (28)	20,9% (14)	5% (67)
Esteban Ocon	7,6% (5)	42,4% (28)	28,8% (19)	21,2% (14)	5% (66)
Charles Leclerc	68,7% (46)	13,4% (9)	4,5% (3)	13,4% (9)	5% (67)
Lewis Hamilton	54,5% (36)	34,8% (23)	1,5% (1)	9,1% (6)	5% (66)
Nico Hülkenberg	0% (0)	21,7% (10)	50% (23)	28,3% (13)	3,5% (46)
Daniel Ricciardo	2,1% (1)	21,3% (10)	53,2% (25)	23,4% (11)	3,5% (47)
George Russell	58,2% (39)	26,9% (18)	3% (2)	11,9% (8)	5% (67)
Carlos Sainz	59,1% (39)	21,2% (14)	1,5% (1)	18,2% (12)	5% (66)
Lance Stroll	4,5% (3)	34,8% (23)	39,4% (26)	21,2% (14)	5% (66)
Mick Shumacher	0% (0)	9,1% (2)	54,5% (12)	36,4% (8)	1,7% (22)
Yuki Tsunoda	0% (0)	28,8% (19)	39,4% (26)	31,8% (21)	5% (66)
Nyck de Vries	0% (0)	9,1% (1)	45,5% (5)	45,5% (5)	0,8% (11)
Liam Lawson	0% (0)	33,3% (3)	33,3% (3)	33,3% (3)	0,7% (9)
Nicholas Latifi	0% (0)	4,5% (1)	22,7% (5)	72,7% (16)	1,7% (22)
Kevin Magnussen	1,5% (1)	20% (13)	32,3% (21)	46,2% (30)	4,9% (65)
Oscar Piastri	42,2% (19)	31,1% (14)	15,6% (7)	11,1% (5)	3,4% (45)
Sergio Pérez	57,6% (38)	24,2% (16)	1,5% (1)	16,7% (11)	5% (66)
Max Verstappen	86,6% (58)	9% (6)	0% (0)	4,5% (3)	5% (67)
Guanyu Zhou	0% (0)	10,4% (7)	49,3% (33)	40,3% (27)	5% (67)
Lando Norris	44,8% (30)	37,3% (25)	6% (4)	11,9% (8)	5% (67)
Sebastian Vettel	0% (0)	50% (10)	30% (6)	20% (4)	1,5% (20)
Franco Colapinto	0% (0)	28,6% (2)	57,1% (4)	14,3% (1)	0,5% (7)
	25,2% (335)	25,2% (335)	24,9% (331)	24,7% (329)	(1330)
	p-valor	Estadístico	Resultado		
χ^2	<.001	828.28**	Altamente significativo		
V		.456	Grande		

^{ns} No significativo, [†] Casi significativo ($p < .10$), * Significativo ($p < .05$) y ** Altamente significativo ($p < .01$)

Test estadístico/contraste: χ^2 - Chi Cuadrado. Tamaño o magnitud del efecto: V – V de Cramer.

En la tabla 5 se presentan los resultados de realizar una tabla cruzada comparando los pilotos y su resultado en las carreras.

Como se puede observar, Max Verstappen es el piloto con el mayor porcentaje de apariciones en el top 5, con 86.6%, mientras que varios pilotos durante los años escogidos no consiguieron entrar en el top 5 en ningún Gran Premio. El piloto con más apariciones en el top de 6 a 10 con un número razonable de carreras es Fernando Alonso, con el 46.3% de sus carreras disputadas, mientras que, Logan Sargeant es el piloto con el menor porcentaje, 2.8%. El piloto que más veces ha terminado una carrera en las últimas 5 posiciones es Logan Sargeant, con el 72.2%.

Al realizar el test Chi-cuadrado para buscar una relación entre ambas variables se ha encontrado una alta significación en el ámbito estadístico, debido a que el p-valor

obtenido es menor que 0.01 ($p\text{-valor} < 0.001$), por lo que, se han encontrado evidencias estadísticas significativas como para afirmar que existe relación entre el piloto y la posición obtenida en la carrera. El tamaño de efecto V de Cramer es grande ($V=0.456$), así que, existe una fuerte relación entre las variables.

Tabla 6

Tabla contingencia y test de contraste. Variables Constructor y posición_race.

Constructor	Posición al finalizar la carrera				
	Top 5	Top 6-10	Top 11-15	Top 16-20	
Ferrari	63,4% (85)	17,9% (24)	3% (4)	15,7% (21)	10,1% (134)
Red Bull	72,2% (96)	16,5% (22)	0,8% (1)	10,5% (14)	10% (133)
Mercedes	56,4% (75)	30,8% (41)	2,3% (3)	10,5% (14)	10% (133)
Alfa Romeo / Sauber	0,7% (1)	14,2% (19)	44,8% (60)	40,3% (54)	10,1% (134)
Haas F1 Team	0,8% (1)	19,5% (26)	42,1% (56)	37,6% (50)	10% (133)
Alpine F1 Team	8,3% (11)	41,4% (55)	27,1% (36)	23,3% (31)	10% (133)
AlphaTauri / RB F1 Team	0,8% (1)	23,5% (31)	47% (62)	28,8% (38)	9,9% (132)
McLaren	37,3% (50)	33,6% (45)	14,9% (20)	14,2% (19)	10,1% (134)
Williams	0% (0)	14,5% (19)	36,6% (48)	48,9% (64)	9,8% (131)
Aston Martin	11,3% (15)	39,8% (53)	30,8% (41)	18% (24)	10% (133)
	25,2% (335)	25,2% (335)	24,9% (331)	24,7% (329)	100% (1330)
	p-valor	Estadístico	Resultado		
χ^2	<.001	708.62**	Altamente significativo		
V		.421	Grande		

*NS No significativo, † Casi significativo ($p < .10$), * Significativo ($p < .05$) y ** Altamente significativo ($p < .01$)*

Test estadístico/contraste: χ^2 - Chi Cuadrado. Tamaño o magnitud del efecto: V – V de Cramer.

En la tabla 6 se realiza el test Chi-cuadrado para buscar una posible relación entre el constructor y la posición final en la carrera.

El constructor que ha obtenido un mayor número de top 5 es Red Bull, con el 72.2% mientras que Williams no ha sido capaz de conseguir entrar en ese top. Alpine es el equipo que más top 6-10 ha conseguido, con un porcentaje del 41.4%, por otro lado, Alfa Romeo /Sauber es equipo con peor porcentaje en este top, 14.2%, pero tiene el segundo mayor porcentaje en el top 11-15, justo detrás de Alfa Tauri. El equipo con el mayor porcentaje en el top 16-20 es Williams, con 48.9%.

El test ha arrojado un p-valor altamente significativo, por lo que, podemos afirmar que existe relación entre los constructores y la posición final, además, esta relación es fuerte ya que la V de Cramer obtenida es 0.421.

4.4. Puntuación y factores asociados

En este apartado, se realiza un análisis sobre que factores afectan a la puntuación conseguida por los piloto

4.4.1. Puntos según constructo y tipo de circuito

Table 7

Tabla de paramétricos y no paramétricos. Variables:
Constructor, tipo de circuito y puntos.

Constructor	Paramétrico	No paramétrico
	F - ANOVA Eta Cuadrado	Kruskall-Wallis
Ferrari	0,99NS (0,375) 0,015 (Pequeño)	2,11NS (0,348)
Red Bull	0,15NS (0,858) 0,002 (Trivial)	0,6NS (0,74)
Mercedes	1,43NS (0,243) 0,022 (Pequeño)	2,95NS (0,229)
Alfa Romeo/Sauber	1,45NS (0,237) 0,022 (Pequeño)	3,63NS (0,163)
Haas F1 team	0,4NS (0,671) 0,006 (Trivial)	2,49NS (0,288)
Alpine F1 Team	0,5NS (0,606) 0,008 (Trivial)	2,49NS (0,288)
AlphaTauri / RB F1 Team	1,36NS (0,261) 0,021 (Pequeño)	2,84NS (0,242)
McLaren	0,02NS (0,985) 0 (Trivial)	2,84NS (0,242)
Williams	0,03NS (0,972) 0 (Trivial)	2,64NS (0,268)
Aston Martin	0,7NS (0,497) 0,011 (Pequeño)	2,64NS (0,268)

^{NS} No significativo, ⁺ Casi significativo ($p < .10$), ^{*} Significativo ($p < .05$)
y ^{**} Altamente significativo ($p < .01$)

En la tabla 7 se presentan los resultados de realizar los test paramétricos y no paramétrico para estudiar si existen diferencias entre el rendimiento de las escuderías en los diferentes tipos de circuito.

En este caso, no se han encontrado evidencia estadísticamente significativas, es decir, no se han encontrado diferencias entre los rendimientos de los equipos de fórmula 1 en los diferentes tipos de circuitos. Los tamaños de efecto encontrados son triviales o muy pequeños.

A continuación, se realizarán las pruebas Post-Hoc para averiguar si hay alguna diferencia dentro de algún equipo.

Table 8

Tabla Post-Hoc Tuckey. Variables Constructor y Tipo de circuito

Constructor	Tipo de circuito		Dif. Medias + Sig			Dif. Medias + Sig	
Ferrari	Autódromo	Callejero	-1,78NS (0,488)	Alpine F1 Team	Autódromo	Callejero	0,26NS (0,949)
		Mixto	-1,91NS (0,56)			Mixto	1NS (0,580)
	Callejero	Mixto	-0,13NS (0,998)		Callejero	Mixto	0,74NS (0,802)
Red Bull	Autódromo	Callejero	1,06NS (0,855)	AlphaTauri / RB F1 Team	Autódromo	Callejero	-0,28NS (0,734)
		Mixto	0,61NS (0,964)			Mixto	-0,7NS (0,253)
	Callejero	Mixto	-0,45NS (0,986)		Callejero	Mixto	-0,42NS (0,689)
Mercedes	Autódromo	Callejero	1,51NS (0,505)	McLaren	Autódromo	Callejero	-0,15NS (0,995)
		Mixto	2,38NS (0,308)			Mixto	0,23NS (0,992)
	Callejero	Mixto	0,86NS (0,891)		Callejero	Mixto	0,39NS (0,983)
Alfa Romeo / Sauber	Autódromo	Callejero	0,6NS (0,220)	Williams	Autódromo	Callejero	-0,06NS (0,973)
		Mixto	0NS (1)			Mixto	-0,04NS (0,991)
	Callejero	Mixto	-0,6NS (0,459)		Callejero	Mixto	0,02NS (0,999)
Haas F1 Team	Autódromo	Callejero	0,27NS (0,765)	Aston Martin	Autódromo	Callejero	-1,03NS (0,567)
		Mixto	-0,19NS (0,914)			Mixto	-0,96NS (0,703)
	Callejero	Mixto	-0,46NS (0,673)		Callejero	Mixto	0,06NS (0,999)

^{NS} No significativo, [†] Casi significativo ($p < .10$), * Significativo ($p < .05$) y ** Altamente significativo ($p < .01$)

En la tabla 8 se presentan los resultados del test de Tukey, en el cual, no se observan diferencias significativas entre ningún tipo de circuito en ninguna escudería.

4.4.2. Puntos según piloto y tipo de circuito

Table 9

Tabla de paramétricos y no paramétricos. Variables: Constructor, tipo de circuito y puntos.

Piloto	Paramétrico	No paramétrico	Piloto	Paramétrico	No paramétrico
	F - ANOVA Eta Cuadrado	Kruskall-Wallis		F - ANOVA Eta Cuadrado	Kruskall-Wallis
Alexander Albon	0,03NS (0,967) 0,001	0,75NS (0,686)	Mick Shumacher	0,41NS (0,668) 0,042	0,98NS (0,613)
Fernando Alonso	0,13NS (0,878) 0,004	0,43NS (0,806)	Yuki Tsunoda	3,14NS (0,05) 0,091	4,38NS (0,112)
Oliver Bearman	0,65NS (0,567) 0,395	1,5NS (0,221)	Nyck de Vries	0,36NS (0,706) 0,083	0,83NS (0,659)
Valtteri Bottas	0,95NS (0,393) 0,029	1,8NS (0,407)	Liam Lawson	1,5NS (0,296) 0,333	2,67NS (0,264)
Logan Sargeant	4,89*(0,014) 0,229	8* (0,018)	Nicholas Latifi	0,22NS (0,808) 0,022	0,47NS (0,792)
Pierre Gasly	0,3NS (0,739) 0,009	1,36NS (0,506)	Kevin Magnussen	0,22NS (0,808) 0,022	0,47NS (0,792)
Esteban Ocon	0,41NS (0,665) 0,013	1,05NS (0,591)	Oscar Piastri	0,32NS (0,726) 0,01	0,55NS (0,761)
Charles Leclerc	1,09NS (0,343) 0,033	2,69NS (0,261)	Sergio Pérez	0,99NS (0,378) 0,03	1,64NS (0,441)
Lewis Hamilton	1,5NS (0,231) 0,045	3,02NS (0,221)	Max Verstappen	2,47NS (0,093) 0,072	7,51* (0,023)
Nico Hülkenberg	1,21NS (0,308) 0,053	4,01NS (0,134)	Guanyu Zhou	0,84NS (0,437) 0,026	2,08NS (0,354)
Daniel Ricciardo	0,47NS (0,628) 0,021	0,06NS (0,97)	Lando Norris	0,33NS (0,722) 0,01	0,52NS (0,771)
George Russell	0,42NS (0,662) 0,013	0,72NS (0,698)	Sebastian Vettel	1,7NS (0,212) 0,167	3,54NS (0,17)
Carlos Sainz	0,17NS (0,841) 0,005	0,3NS (0,862)	Franco Colapinto	0,52NS (0,631) 0,206	2,44NS (0,295)
Lance Stroll	1,07NS (0,35) 0,033	1,36NS (0,508)			

^{NS} No significativo, [†] Casi significativo ($p < .10$), * Significativo ($p < .05$) y ** Altamente significativo ($p < .01$)

En la tabla 9 se realizan el test paramétrico y no paramétricos, en este caso, solo se encuentran diferencias significativas para el piloto Logan Sargeant y para Max Verstappen, ambos con un p-valor inferior a 0.05. El tamaño de efecto Eta Cuadrado es grande para Logan Sargeant y mediano para Max Verstappen. En este último caso, solo se encuentran diferencias en el test no paramétrico, el cuál es el más correcto debido a que la variable puntos no se comporta como una distribución normal.

5. Discusión

El análisis estadístico realizado sobre las temporadas 2022 a 2024 de Fórmula 1 ha permitido identificar patrones significativos en el rendimiento de los equipos y pilotos,

así como la influencia de variables como el tipo de circuito y la presencia de carreras sprint. Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas que destacan la importancia del análisis de datos en la optimización del rendimiento en la Fórmula 1.

Por ejemplo, van Kesteren y Bergkamp (2022) aplicaron un modelo bayesiano multinivel para desentrañar la contribución relativa del piloto y del constructor al éxito en la Fórmula 1. Sus resultados indicaron que aproximadamente el 88% de la varianza en los resultados de las carreras puede atribuirse al constructor, lo que subraya el papel crucial de la escudería en el rendimiento global. Este hallazgo respalda los resultados obtenidos en nuestro análisis, donde se observó una asociación significativa entre el constructor y los puntos obtenidos por los pilotos.

Además, el estudio de Belgaid (2024) examinó el impacto de las regulaciones de la FIA en la seguridad y la dinámica de las carreras, concluyendo que las modificaciones reglamentarias han mejorado las oportunidades de adelantamiento sin comprometer la seguridad. Este contexto regulatorio estable durante el período analizado en nuestro estudio proporciona un entorno adecuado para evaluar el rendimiento de los equipos sin la interferencia de cambios normativos significativos.

En cuanto al uso de tecnologías avanzadas, Catapult (2023) destacó cómo la integración del aprendizaje automático en la Fórmula 1 ha transformado el enfoque del análisis de datos, permitiendo a los equipos procesar grandes volúmenes de información para optimizar estrategias de carrera y desarrollo de vehículos. Aunque nuestro estudio utilizó herramientas estadísticas tradicionales, los hallazgos obtenidos podrían servir como base para futuras investigaciones que incorporen técnicas de aprendizaje automático para un análisis más profundo.

Por otro lado, el análisis de la eficiencia de las escuderías realizado por Amo Lledó (2019) mediante los métodos SBM y DEA reveló que, a mayor capital invertido, los resultados tienden a ser mejores. Este aspecto económico, el estudio ha demostrado que existen diferencias entre los constructores, por lo que esa diferencia puede ser causada por la inversión capital.

En resumen, los resultados de nuestro estudio son coherentes con la literatura existente y destacan la importancia del análisis estadístico en la comprensión del rendimiento en la Fórmula 1. Las herramientas estadísticas utilizadas, como el test de Chi-cuadrado y el test de Kruskal-Wallis, han demostrado ser efectivas para identificar asociaciones significativas entre variables clave. Sin embargo, futuras investigaciones podrían beneficiarse de la incorporación de técnicas más avanzadas, como el aprendizaje automático, para un análisis más detallado y predictivo.

6. Conclusiones

El presente trabajo ha permitido realizar un análisis descriptivo e inferencial sobre el comportamiento de diferentes variables implicadas en el rendimiento y desarrollo de las

carreras en Fórmula 1 durante las temporadas 2022 a 2024. Uno de los hallazgos más relevantes ha sido la relación significativa entre la variable abandono (status) y otras variables categóricas como el piloto y el constructor, lo que sugiere que ciertos equipos y pilotos presentan una mayor propensión al abandono durante las carreras. Esta asociación podría estar vinculada a factores como la fiabilidad del monoplaza, el estilo de conducción o decisiones estratégicas del equipo, aspectos que merecen ser explorados con mayor profundidad en futuras investigaciones.

Asimismo, se ha detectado una relación cercana a la significación entre la variable abandono y el tipo de circuito y el circuito específico, lo cual podría apuntar a que ciertas características técnicas o condiciones particulares de algunos trazados incrementan el riesgo de abandono. Aunque esta relación no ha alcanzado un nivel de significación estadística firme, los resultados invitan a considerar con atención el papel del entorno competitivo, las condiciones ambientales y la exigencia técnica del trazado como posibles factores de riesgo.

En contraste, los análisis realizados tanto mediante pruebas paramétricas como no paramétricas —entre ellas el test de Kruskal-Wallis— no han encontrado evidencias estadísticas significativas que permitan afirmar que existen diferencias en los puntos obtenidos por los equipos o pilotos según el tipo de circuito. Esto indica que el tipo de circuito no parece influir de forma determinante en la cantidad de puntos que un piloto o equipo logra, al menos dentro del marco y diseño del presente estudio. En este sentido, los resultados apuntan a una posible estabilidad en el rendimiento entre los diferentes escenarios de competición, lo que podría reflejar un alto nivel de adaptación técnica por parte de los equipos y de preparación por parte de los pilotos.

En conjunto, este trabajo ha puesto de manifiesto algunas asociaciones clave dentro del mundo competitivo de la Fórmula 1, especialmente en lo que respecta a la fiabilidad y su vinculación con factores humanos y mecánicos. No obstante, también ha evidenciado la necesidad de seguir explorando nuevas variables, considerar otros métodos de análisis (como modelos multivariantes o enfoques longitudinales) y ampliar la muestra a más temporadas para robustecer los hallazgos y profundizar en los factores que inciden sobre el rendimiento y la fiabilidad en este deporte.

7. Referencias

- Amo Lledó, Á. (2019). Análisis de la eficiencia aplicado a la Fórmula 1. Universidad de Sevilla. Recuperado de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92847/fichero/TFG-2847%2BAMO%2BLLEDO%2C%2B%C3%81LVARO.pdf>
- Belgaid, A. (2024). Statistical Analysis of the Impact of FIA Regulations on Safety, Racing Dynamics, and Spectacle in Formula 1. arXiv preprint arXiv:2410.11375. <https://arxiv.org/abs/2410.11375>
- Catapult. (2023). Cómo el análisis de datos transforma el rendimiento en las carreras de F1. Recuperado de <https://www.catapult.com/es/blog/analisis-de-datos-de-f1-que-transforma-el-rendimiento>
- Pedroche, F. (2024). Competitiveness of Formula 1 championship from 2012 to 2022 as measured by Kendall corrected evolutive coefficient. arXiv preprint arXiv:2501.00126. <https://arxiv.org/abs/2501.00126>
- van Kesteren, E.-J., & Bergkamp, T. (2022). Bayesian Analysis of Formula One Race Results: Disentangling Driver Skill and Constructor Advantage. arXiv preprint arXiv:2203.08489. <https://arxiv.org/abs/2203.08489>